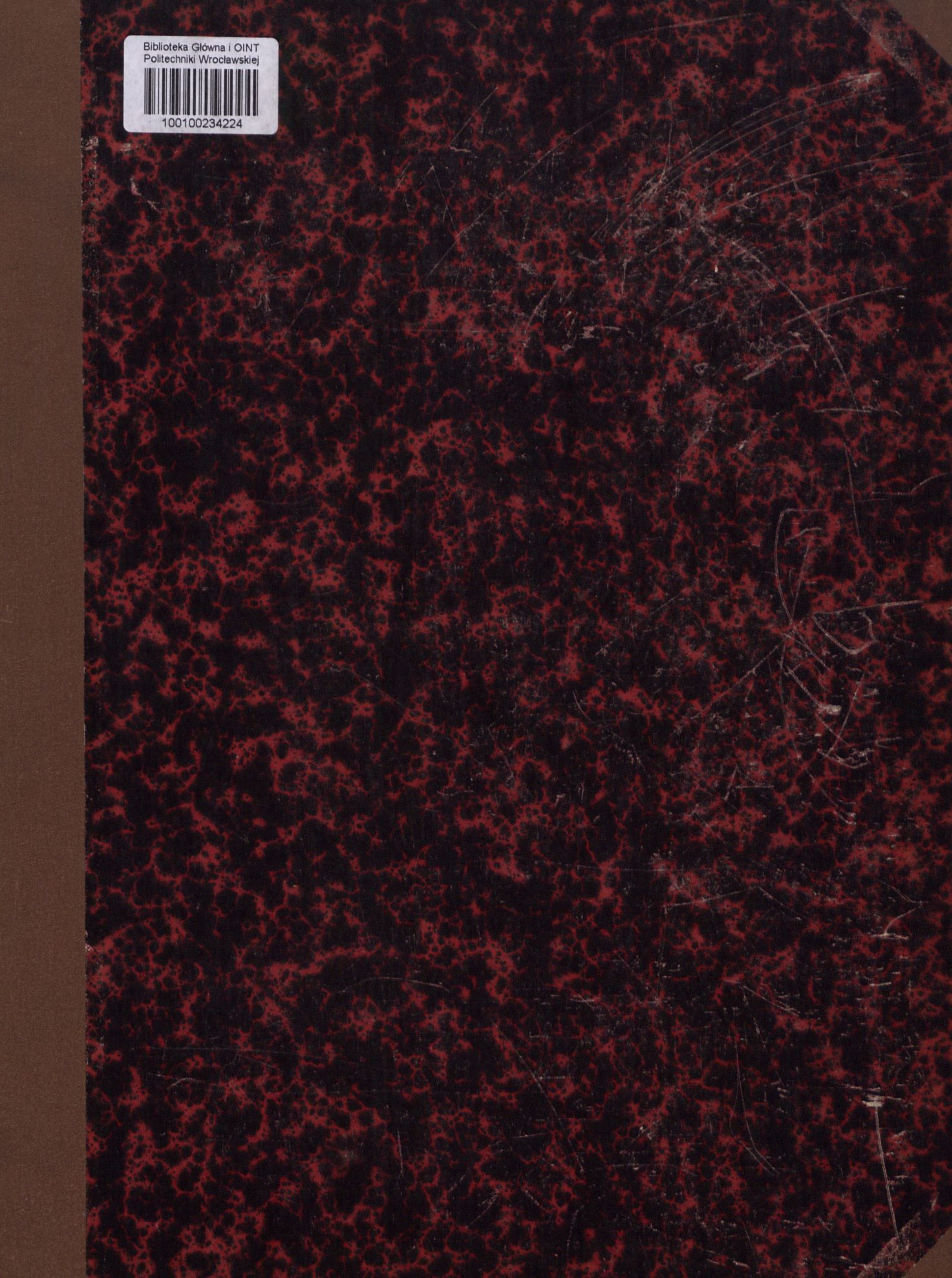
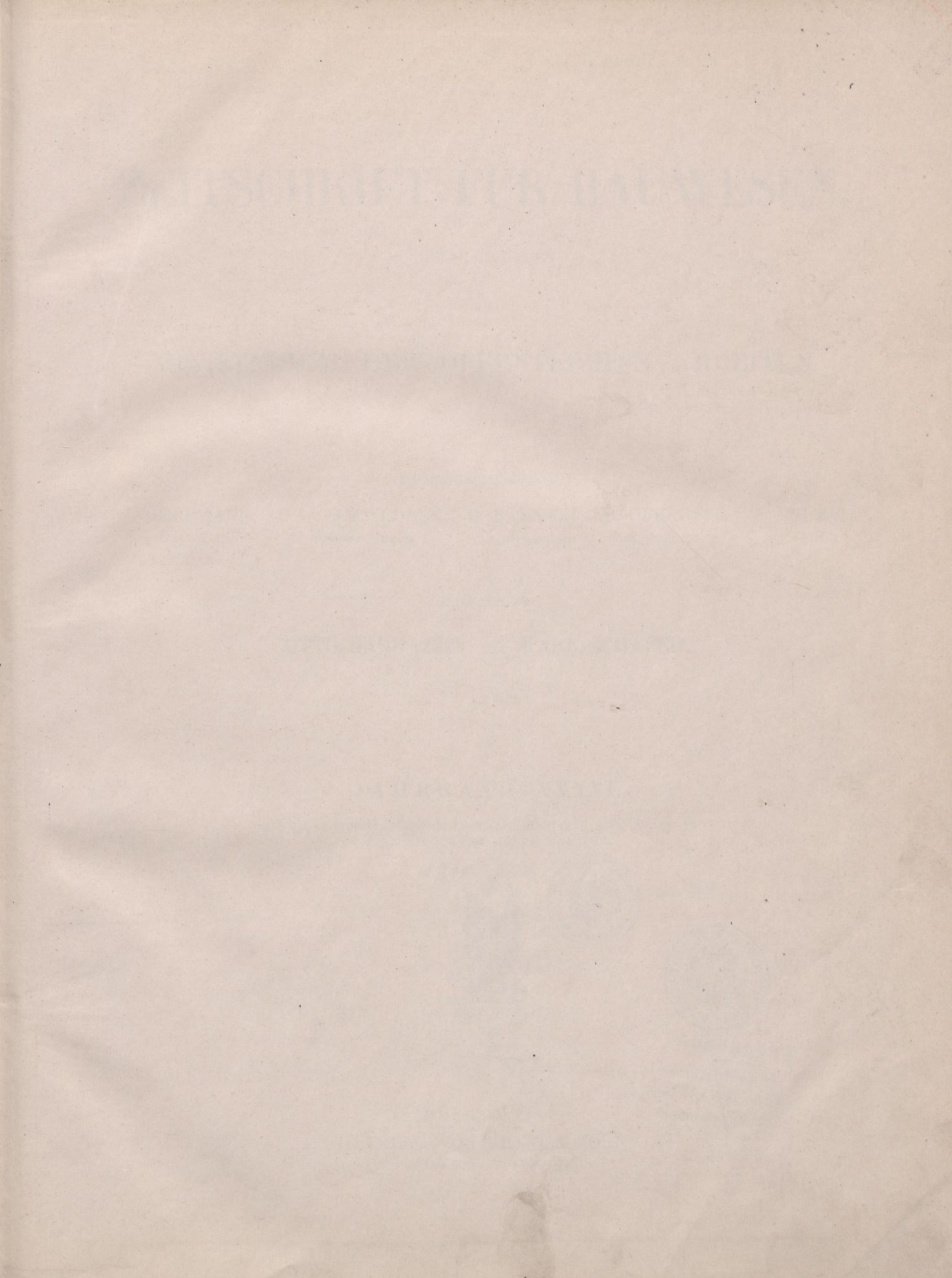
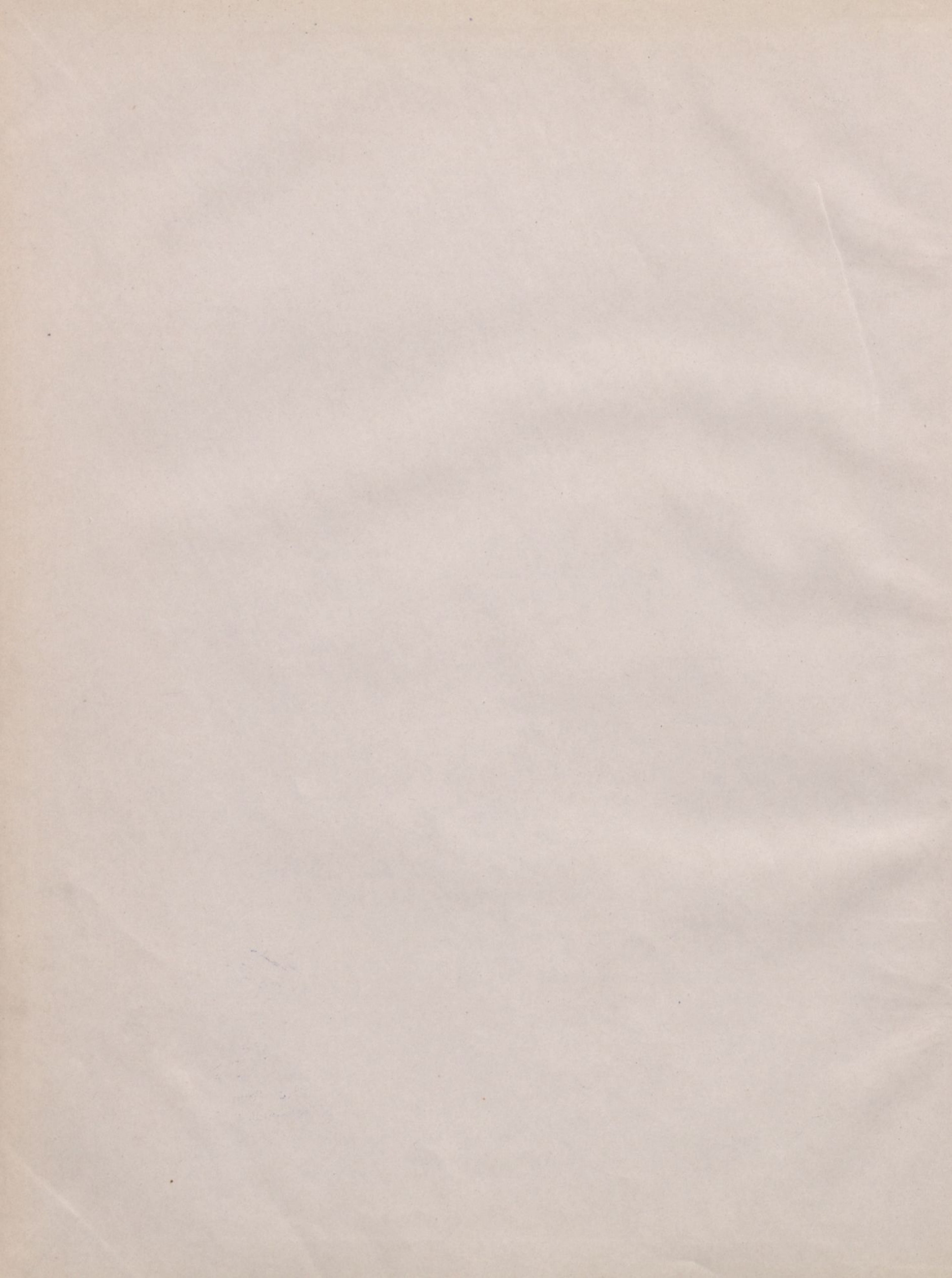



POLITECHNIKA
BIBLIOTEKA
GŁÓWNA
WROCŁAWSKA





ZEITSCHRIFT FÜR BAUWESEN.

HERAUSGEGEBEN

IM

MINISTERIUM DER ÖFFENTLICHEN ARBEITEN.

JAHRGANG XXXVI.

MIT LXVI KUPFERTAFELN IN FOLIO UND VIELEN IN DEN TEXT EINGEDRUCKTEN HOLZSCHNITTEN.



BERLIN 1886.
VERLAG VON ERNST & KORN.
(GROPIUS'SCHE BUCH- UND KUNSTHANDLUNG.)







ZEITSCHRIFT FÜR BAUWESEN.



HERAUSGEGEBEN

IM

MINISTERIUM DER ÖFFENTLICHEN ARBEITEN.

REDACTIONS-COMMISSION:

H. HERRMANN, OBERBAUDIRECTOR. J. W. SCHWEDLER, GEH. OBERBAURATH. O. BAENSCH, GEH. OBERBAURATH. H. OBERBECK, GEH. OBERBAURATH. F. ENDELL, GEH. BAURATH.

REDACTEURE:

OTTO SARRAZIN UND KARL SCHÄFER.

JAHRGANG XXXVI. 1886. HEFT I BIS III.

INHALT:

BERLIN 1886.

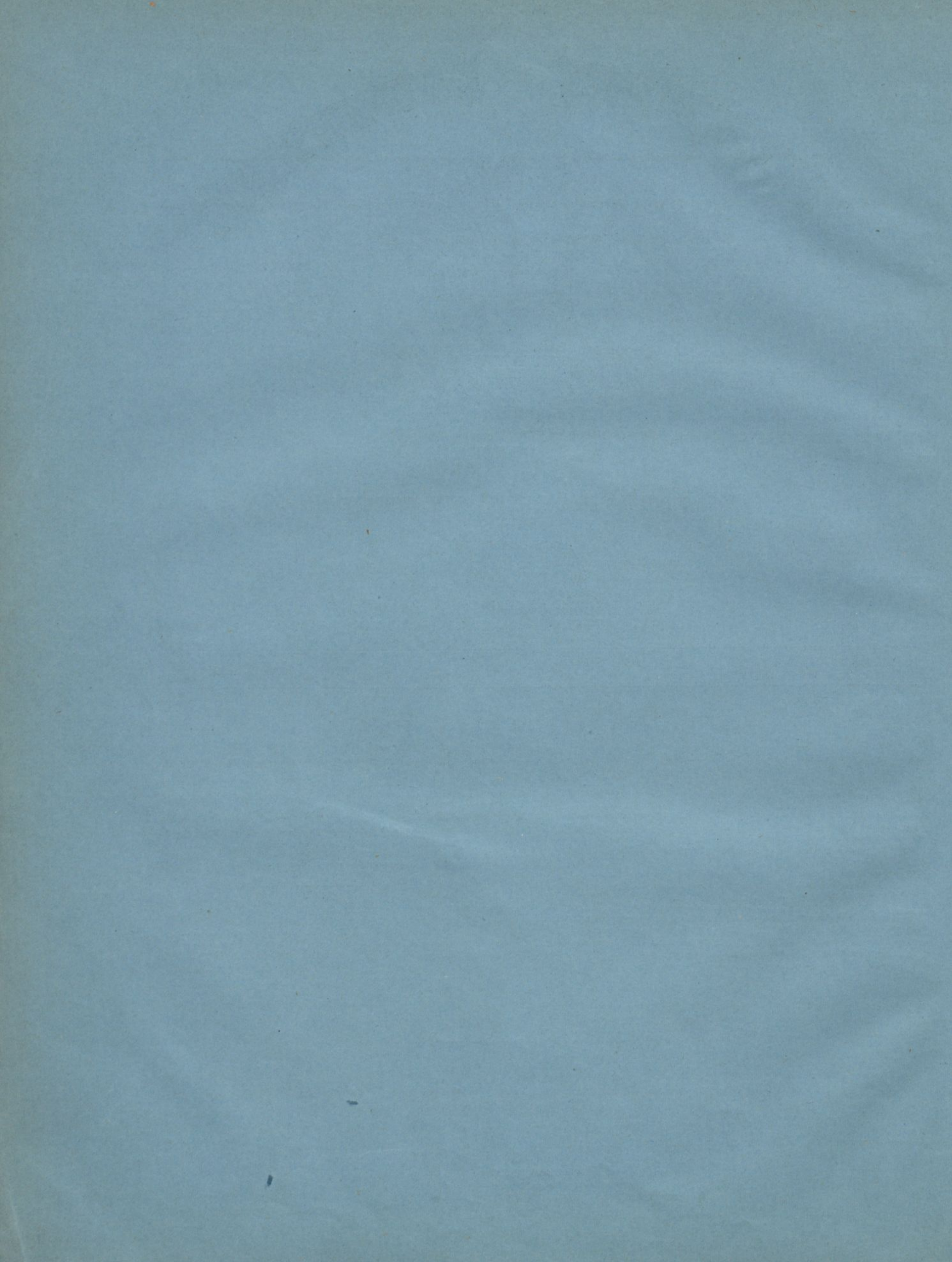
VERLAG VON ERNST & KORN

WILHELM ERNST

(GROPIUS'SCHE BUCH- UND KUNSTHANDLUNG)

WILHELMSTRASSE 90

(nächst dem Architekten-Haus).



JAHRGANG XXXVI. 1886. HEFT I BIS III.

Das neue Gewandhaus in Leipzig.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 1 bis 6 im Atlas.)

Zur Geschichte des Baues.

Unter dem 20. März 1880 hatte die Direction der Gewandhaus-Concerte in Leipzig eine allgemeine Preisbewerbung unter deutschen und österreichischen Architekten behufs Gewinnung von Entwürfen zum Neubau eines Concerthauses ausgeschrieben und das Preisrichteramt den Herren: Professor Nicolai in Dresden, Professor Raschdorff in Berlin und Professor v. Ferstel in Wien übertragen. In sehr zweckmäfsiger Weise bestimmte das musterhaft abgefafste Programm, dafs nur skizzenhaft zu behandelnde Pläne einzuliefern seien, und setzte den Einlieferungszeitpunkt auf den 31. Mai desselben Jahres fest. Für den Bau war in dem neuen südwestlichen Stadttheile eine von allen Seiten von Strafsen umgebene Baufläche von 40 m Breite und 100 m Tiefe ins Auge gefafst, in deren unmittelbarster Nähe das neue Reichsgericht, eine Kunstgewerbeschule und ein neues Bibliothekgebäude, errichtet werden sollen und ein Gebäude für das Conservatorium gegenwärtig bereits in der Ausführung begriffen ist.

Das Programm verlangte neben den erforderlichen Vorhallen und sehr geräumigen Kleiderständen mit Nebenräumen einen grofsen Concertsaal mit 1700 möglichst gleichwerthigen Sperrsitzplätzen und einem für 400 bis 450 Musiker und Sänger ausreichenden Orchester, sowie einer der Bedeutung des Saales entsprechenden Orgel. Fernerhin sollten ein grofser Wandelsaal (Foyer), ein Büffetraum, ein Solisten-, ein Vorstands-, ein Büreau-, ein Stimm- und ein Bibliothek-Zimmer, sowie die Wohnung für den Hausverwalter in dem Gebäude angemessen untergebracht werden. Im Programm war ferner die Bedingung aufgestellt, dafs auf die Möglichkeit der Errichtung eines zweiten Saales im Anschlufs an den grofsen Saal Rücksicht zu nehmen sei. Für die beiden besten Entwürfe waren Preise von 3000 bezw. 2000 ℳ. ausgeworfen. Die Einhaltung der sehr bescheidenen Bausumme von 700000 ℳ. war zur Bedingung gestellt und ein Kostenüberschlag verlangt. Endlich war unter Hinweis auf die berühmte Akustik des alten Gewandhaussaales der Wunsch ausgesprochen, der neue Saal möge sich in Form und Construction dem alten Saale anschliefsen.

Von den 75 eingegangenen Entwürfen erkannte das Preisgericht am 27. Juni einstimmig den ersten Preis dem Entwurfe der Architekten Gropius u. Schmieden in Berlin und den zweiten Preis dem Entwurfe des Architekten Hubert Stier in Hannover zu. Drei weitere Entwürfe und zwar die der Herren Seeling u. Wolffenstein in Berlin, E. Hildebrand in Berlin und Müller u. Aus'm Werth in Berlin wurden zum Ankauf empfohlen. Der Einstimmigkeit, mit welcher das Preisgericht geurtheilt hatte, folgte in seltener Einmüthigkeit die Zustimmung der öffentlichen Meinung. Kaum ist nach der Entscheidung an irgend einer mafsgebenden Stelle der Gedanke ernstlich aufgetaucht, man könne einen der anderen Entwürfe für die Ausführung wählen, wenn es auch an gegnerischen Bestrebungen nicht gefehlt hat. War es in erster Linie der glückliche Gedanke in der Gestaltung der Innenräume gewesen, durch welche der preisgekrönte Entwurf sich den anderen gegenüber stets siegreich behauptete, so hat doch auch nicht wenig zu diesem Erfolge die ruhige Schlichtheit der Aufsenarchitektur beigetragen. Sie erschien den leitenden Persönlichkeiten als das richtige Gewand für die Stätte, an der in Zukunft die Pflege der klassischen Musik geübt werden sollte, welche in Leipzig seit Jahrhunderten ihren geschichtlichen Boden besitzt.

Doch noch manche Entwicklungsstadien hatte der Plan durchzumachen, bevor der Grundstein gelegt werden konnte. Der für den Neubau ins Auge gefafste Bauplatz hatte von vornherein viele Gegner gefunden. Man berieth über die Möglichkeit, das Concerthaus auf dem Königsplatz oder auf dem Blücherplatz oder gar an einer noch anderen Stelle zu errichten. Weiterhin war endlich aber eine Anzahl angesehener Männer, weniger vielleicht durch die Sorge geleitet, man könne sich in zu grofse Unternehmungen stürzen, als in pietätvoller Anhänglichkeit an das alte Haus, bestrebt, dem Neubauen überhaupt entgegenzutreten. Die Freunde dieser Anschauung blieben indessen in der Minderheit.

Die Mehrheit der Mitglieder der Concert-Direction, das Bedürfnifs der in rascher Entwicklung begriffenen Stadt richtig erkennend, plante immer weitergehende Vervollkommnungen des zur Ausführung gewählten Entwurfs. Man erkannte bald, dafs von einem abgerundeten Kunstwerk weder etwas fortzunehmen ist, noch dafs demselben etwas hinzugefügt werden kann, ohne dafs dasselbe empfindlich geschädigt wird, und dafs daher der geplante Neubau unmöglich den Eindruck eines geschlossenen Ganzen würde hervorrufen können, wenn der kleine Saal nicht gleich mit gebaut würde. Aber dies nicht allein: der Gedanke einer Vereinigung des Hauptsaales mit dem Wandelraum und dem kleinen Saale, sowie den verbindenden Umgängen zu einem grofsartigen Festraume, wie sie im Preisbewerbungsplane gedacht war, hatte für die Vertreter der an grofsartigen Bauten bis dahin noch nicht allzureichen Stadt etwas besonders Verlockendes. So wurde die Ausführung des kleinen Saales und zwar genau in der Gröfse des alten Gewandhaussaales, wenn auch vorläufig nur im Rohbau, ins Auge gefafst. Weitere Veränderungen wurden geplant in einer Verbreiterung der grofsen Treppenhäuser, sowie der Umgänge des Hauptsaales, welch letztere infolge der geringen Grundstücksbreite im ersten Plane zu schmal, mehr flurartig hatten gestaltet werden müssen. Durch diese Umgestaltungen war der Bau nicht unwesentlich gröfser geworden und es erforderte seine Herstellung natürlich auch verhältnifsmäfsig gröfsere Mittel. Ein genauer Kostenanschlag vom 1. Mai 1881 hatte die erforderliche Bausumme auf rund 1000000 ℳ. festgestellt.

Für den Bau waren bis dahin nur die folgenden Summen aufgebracht:

1. durch rd. 500 Stiftungsantheile zu 600 ℳ (ohne Verzinsung, aber mit dem Recht, einen ständigen Platz wählen zu dürfen) . . . . . . 300000 ℳ,

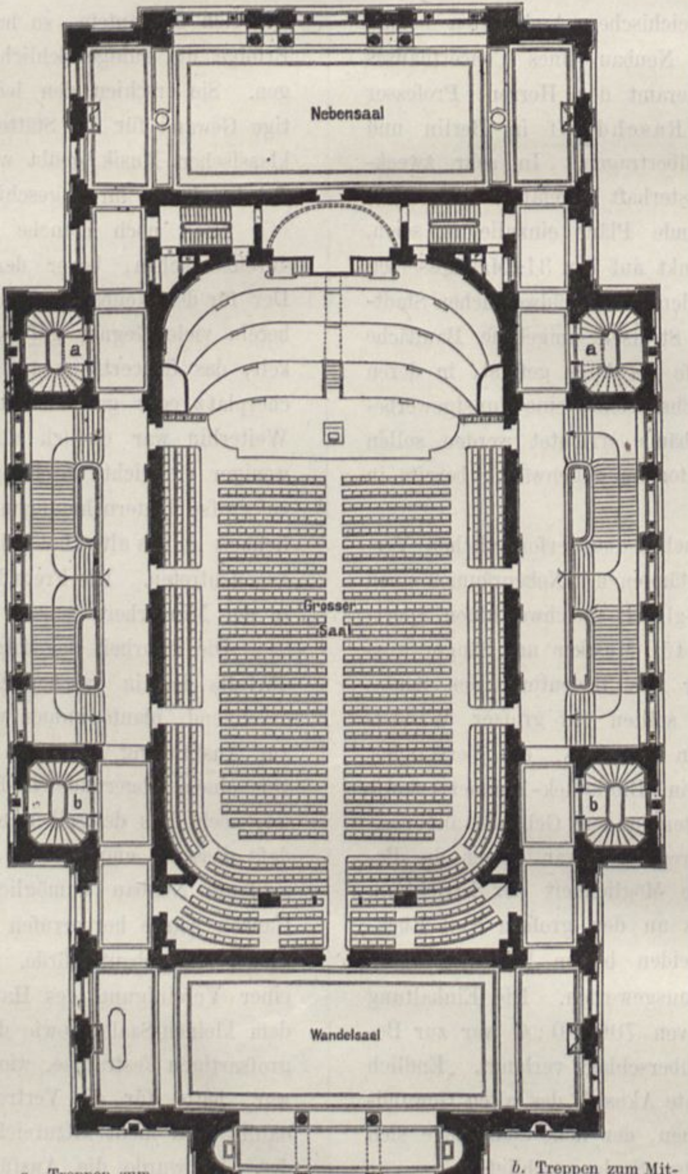
2. durch rd. 460 Antheilscheine zu 1000 ℳ (mit 2 % Verzinsung in Gegenrechnung gegen Abonnementskarten zu zahlen) . . . . . . 460000 ℳ,

zusammen 760000 ℳ.

Da faſste der Rath der Stadt im September desselben Jahres den Beschluſs, aus dem Graſsi'schen Vermächtnisse, durch welches die Stadt in den Besitz eines groſsen Vermögens kam, über dessen Verwendung dem Rathe unbeschränkte Verfügung übertragen war, für den Neubau des Gewandhauses ein unverzinsliches Darlehn von 400000 ℳ herzugeben. Bedingung war, daſs die Ausführung noch i. J. 1881 beginne. Hiermit war der Bau gesichert. Zur sofortigen kräftigen Inangriffnahme desselben waren indessen die Pläne noch nicht genügend durchgearbeitet, es konnten daher im Jahre 1881 nur einige Grundarbeiten ausgeführt werden. Erst Ende Mai des Jahres 1882 wurde der Bau mit Entschiedenheit in Angriff genommen. Die feierliche Einweihung des fertigen Gebäudes erfolgte in Gegenwart Ihrer Majestäten des Königs und der Königin von Sachsen durch ein dreitägiges glänzendes Musikfest in den Tagen vom 11. bis 13. December 1884.

Mit Stolz kann nunmehr die Stadt Leipzig auf die neue Anlage sehen, welche sie aus eigener Kraft geschaffen und von der es bis jetzt ihres Gleichen auf deutschem Boden nicht giebt. Der hochherzige Bürgersinn hat im Laufe des Baues immer weiter geholfen. Neue Summen für eine Verkleidung des ganzen Baues in Sandstein, für reichere Ausmalung der Säle, für die Einrichtung zur elektrischen Beleuchtung, für eine groſsartige Orgel und eine dem Bau entsprechende Ausrüstung wurden im Laufe der Bauausführung bewilligt, sodaſs die Baukosten schlieſslich die Summe von 1350000 ℳ — fast das Doppelte der ursprünglich gedachten Bausumme — erreichten.

Obergeschoſs des Preisbewerbungsplanes.



a. Treppen zum Seitenbalcon.

b. Treppen zum Mittelbalcon u. d. Logen.

Schon am 13. December 1880, kaum sechs Monate nach der Preisbewerbung, war inzwischen der Professor Martin Gropius, von dem der durchschlagende Gedanke des Planes herrührt, durch den Tod von der künstlerischen Leitung des Baues hinfortgerissen worden. Der glänzende Erfolg in der Bewerbung und die in Aussicht stehende Ausführung des Baues waren die letzte Freude dieses ausgezeichneten Mannes gewesen. Nach seinem Tode wurde die weitere Bearbeitung des Planes und später die Ausführung seinen bisherigen Mitarbeitern, dem Baurath Schmieden und dem Regierungsbaumeister v. Weltzien übertragen; zu ihnen gesellte sich später, nach seiner Aufnahme in die neue Firma, der Architekt R. Speer. Die ausführliche Bearbeitung der Bauzeichnungen und die Einzelbildung lag bis zu seinem Ausscheiden im October 1883 in der Hand des Architekten E. Giesenberg. Die technische Oberleitung der Bauausführung hatte der Regierungsbaumeister Goldschmidt übernommen, dem der Regierungsbauführer H. Altgelt beigegeben war.

Allgemeine Anordnung der Innenräume.

Unter den Gesichtspunkten, welche die Verfasser des Preisbewerb-Entwurfes bei der Gestaltung ihres Planes leiteten, waren am entscheidendsten: die Bedingung, daſs der Saal mit seinen Nebenräumen auch für andere Zwecke, besonders für Festlichkeiten aller Art verwendbar sein sollte, und der Umstand, daſs für eine so groſse Anzahl von Menschen, wie sie die verlangten Räume aufzunehmen vermögen, die Kleiderstände nicht leicht zu groſs hergestellt und kaum genug vor Zugluft geschützt werden können.

Die erstere Bedingung führte dazu, auf eine amphitheatralische Form des groſsen Saales, wie sie im Trocadero in Paris ausgeführt ist, von vorn herein zu verzichten und den Concertsaal mit dem Wandelraum und dem geplanten kleinen Saal auf gleiche Höhe zu legen. Daſs dies nicht wohl im Erdgeschoſs geschehen konnte, wo Vorhalle und Kleiderstände schon sehr viel Raum verlangten, leuchtete sehr bald ein. So wurden die Säle ins Obergeschoſs verlegt, das für dieselben ausschlieſslich verwendet werden konnte. Hierdurch war es möglich, den Saal auch im Aeuſseren des Gebäudes eigenartig zum Ausdruck zu bringen und ihm für die Benutzung bei Tage ausreichendes Fensterlicht zu geben. Im Erdgeschoſs aber konnten weiträumige Hallen mit zugfreien Kleiderablagen angeordnet und zugleich die erforderlichen Räume für die Verwaltung, die Bibliothek, die Wohnung des Hausverwalters und die Aborte gewonnen werden. Die vorstehende Zeichnung zeigt den Grundriſs des Obergeschosses vom Preisbewerbungsplane und zwar mit dem kleinen Saale, dessen Ausführung für die

Zukunft in Aussicht stand. Es war geplant, dafs zunächst im Obergeschofs der hintere Anbau fortbleiben und nur das Untergeschofs mit den Räumen der Verwaltung sowie den Eingängen für die Musiker und Sänger zur Ausführung gelangen sollte. Ein Vergleich mit den Grundrissen auf Blatt 1 und 2 des Atlas zeigt, dafs in diesem Theile des Gebäudes die Ausführung am meisten von dem ursprünglichen Plane abweicht.

„Autant baraque que possible" lautete das den Erläuterungsbericht zum Preisbewerbungsentwurf einleitende Citat. Für die Gestaltung des Concertsaales war mit diesen Worten der Grundgedanke aufgestellt, und danach entwickelte sich folgerichtig der ganze Plan. Im alten Gewandhaussaale zu Leipzig war jener Grundsatz seit hundert Jahren erprobt worden. Die Akustik des schachtelförmig in Holz construirten, von Hohlräumen umgebenen Saales war von so anerkannter Vorzüglichkeit, dafs die Direction der Gewandhaus-Concerte, als sie zum Neubau schritt, sich den alten, der Stadt gehörigen Saal noch für zehn Jahre sicherte, damit er nicht etwa von einer Concurrenzgesellschaft gemiethet werde. In solchem Mafse war man besorgt, der neue Saal könne akustisch weniger gut gerathen. Diese Besorgnifs hat sich zum Glück später als unnütz erwiesen.

Für die Erbauer des neuen Hauses lag ein zwingender Grund nicht vor, von der bewährten Form und Construction des alten Saales abzuweichen. Wohl hatte das Preisgericht darauf hingewiesen, dafs bei anderen Wettbewerb-Entwürfen die baukünstlerische Entwicklung des Saales eigenartiger und glücklicher sei, als bei dem preisgekrönten Entwurfe. Die Verfasser des letzteren konnten sich jedoch der Ansicht nicht anschliefsen, dafs Raumwirkung oder Akustik günstiger sein werde, wenn etwa die Logen hinter Säulenreihen gerückt oder wenn für das Orchester eine tiefe Nische hergestellt würde, und glaubten daher die alte Form für den grofsen wie auch für den kleinen Saal beibehalten zu müssen, als die gleichzeitige Ausführung beider Säle beschlossen wurde. Der aufserordentliche Unterschied in der Gröfse beider Säle und die verschiedene Anordnung der Logen liefs die Besorgnifs nicht aufkommen, eine Wiederholung der Gesamtform könne störend wirken, zumal die Farbe ein weiteres Mittel bietet, Räumen, auch wenn sie in der Form einander ähnlich sind, doch ein durchaus verschiedenes Gepräge zu geben. Die geringe Höhe des kleinen Saales machte es natürlich nicht möglich, ihn in ähnlicher Weise wie den grofsen Saal zu beleuchten. Das Fensterlicht der Vorräume wird durch die Thüren vom Saale abgeschlossen, und von den Fenstern auf der Rückwand der Logen her konnte eine angemessene Beleuchtung nicht erfolgen. Der Saal war daher auf Oberlicht angewiesen.

Für den Hauptsaal hatte man sich inzwischen aus Gründen der Akustik zu einer Einschränkung seiner Abmessungen entschlossen; dieselbe war schon von den Preisrichtern empfohlen worden.

Vorhallen, Treppen, Kleiderstände.

Die Eingänge, Vorhallen und Treppen sind für beide Säle gesondert angeordnet. In dem der inneren Stadt zunächst gelegenen Vorderbau liegt unter dem Wandelraum die Hauptvorhalle für den grofsen Saal. Zwei mit Schutzdächern versehene seitliche Eingänge vermitteln durch je 2 Thüren den Zutritt der zu Wagen Ankommenden, während die 3 Thüren der Vorderfront für Fufsgänger bestimmt sind. Durch entsprechende Windfänge gelangt man von allen drei Seiten in die grofse Hauptvorhalle, von der man drei Stufen zu der unter dem grofsen Saale gelegenen grofsen Halle der Kleiderstände aufsteigt. Von hier aus erreicht man zu beiden Seiten durch die grofsen doppelarmigen Haupttreppen die Höhe des Hauptgeschosses. Für die Besucher der Logen des Hauptsaales sind die in den vorderen Ecken der Vorlagen beider Seitenfronten gelegenen Logentreppen durch besondere Eingänge zugänglich gemacht. Die hier Eintretenden legen ihre Kleidungsstücke in den Saalumgängen auf Logenhöhe ab. Auch der rückseitige Eingang, welcher mit den zwei anschliefsenden kleineren Treppen den Hauptzugang für den kleinen Saal bildet, wird vom Publicum bei den im grofsen Saale stattfindenden Concerten benutzt. Hier treten auch die Mitglieder des Orchesters und die Sänger ein, welche von der unter dem kleinen Saale gelegenen kleineren Kleiderhalle aus durch zwei, zwischen dem grofsen und dem kleinen Saale gelegene Orchester-Treppen zu beiden Sälen gelangen können.

Die Benutzung der Kleiderstände hat sich nach den eingewurzelten Gebräuchen des Leipziger Publicums anders gestaltet, als es sich die Verfasser des Entwurfes ursprünglich gedacht hatten. Während diese nämlich in allen vier Ecken der grofsen Kleiderhalle langgestreckte Tische von zusammen 50 m Länge zur Abgabe der Mäntel u. dgl. geplant hatten, mufste die Einrichtung so ausgeführt werden, dafs jeder Besucher an seinen mit der Nummer des Platzes im Saale versehenen Kleiderhaken herantreten kann. Eine Controle der Kleider durch Markenausgabe findet nicht statt. Naturgemäfs verlangte diese Einrichtung einen grofsen Zwischenraum zwischen den einzelnen Kleidergerüsten, infolge dessen hat aufser den vorderen Ecken auch noch der ganze hintere Theil der Kleiderhalle mit Ständern besetzt werden müssen. Diese Einrichtung hat sich in hohem Mafse bewährt. Aus dem Grundrifs des Erdgeschosses ist die Anordnung der Kleiderständer ersichtlich. Bei der bedeutenden, 5,80 m betragenden Höhe des Raumes und seiner gewaltigen Ausdehnung (durch den Einblick in die grofsen Treppenhäuser hat der Raum eine freie Länge von 39 m bei 33 m Breite) wirkt der Einbau der zierlich ausgebildeten Kleidergerüste in keiner Weise störend.

Der Ausbau der Hallen, Kleiderstände und Treppenhäuser ist verhältnifsmäfsig schlicht. Alle Architekturformen sind in Putz hergestellt und in lichten Tönen gemalt. Nur die Stichkappengewölbe des Haupttreppenhauses sind etwas reicher im Renaissance-Gepräge bemalt. Die Stufen der Haupttreppen sind aus polirtem Hauteville-Kalkstein hergestellt und wie die Galerieen mit bronzirten Geländern von Schmiedeeisen versehen. Breite Velour-Treppenläufer, Teppichschlüsse, rostfarbene Fenstervorhänge und zum Theil in bronzirtem Gufseisen, zum Theil in Bronze oder Messing hergestellte reiche Beleuchtungskörper erhöhen die Wirkung der durch Gröfse und Uebersichtlichkeit ausgezeichneten Räumlichkeiten. Am glänzendsten wirken diese des Abends, wenn ein festlich gekleidetes Publicum sie füllt, die Treppen auf und ab wogt, oder, über die Galerieen der Logen gebeugt, dem Treiben im Saale zuschaut.

Das Hauptgeschofs.

Die Anordnung der Räume zu einander bedarf kaum der Erklärung. Die beiden Concertsäle sind von den mit einander in Verbindung stehenden Umgängen her durch eine grofse Anzahl von Thüren zugänglich gemacht. Zwischen beiden Sälen liegt ein Solistensaal, welcher bei grofsen Festlichkeiten nach

Beseitigung des Orchesterpodiums einen Verbindungsraum zwischen den Hauptsälen herstellt. Ihm entspricht an der Hinterfront und auf der anderen Seite des kleinen Saales ein zweites Sälchen, das alsdann als Büffetzimmer benutzt wird. Zu seiner Verbindung mit der grofsen im Kellergeschofs gelegenen Küche nebst Wirthschaftsräumen dient die eine der beiden seitlichen Treppen und ein Speisenaufzug. Ebenso wie die beiden Concertsäle ist auch der Wandelraum von den Haupttreppen aus unmittelbar erreichbar und somit für besondere Zwecke getrennt zu verwerthen.

Der grofse Concertsaal.

Zwischen den die Decke tragenden Wänden, also ohne die Logen an der einen Schmalseite und die Orgelnische gerechnet, hat der Saal eine Länge von 38 m bei 19 m Breite. Seine Höhe beträgt 14,60 m. Alle Wände sind oberhalb der Eingänge zu den Logen des I. Ranges auf Holzverschalung, die frei vor dem Mauerwerk angebracht ist, verputzt, bis zu dieser Höhe aber mit sichtbaren Holztäfelungen bekleidet. Auch die an der eisernen Dachconstruction hängende Decke ist in Holz construirt und verputzt. Die Logen des I. Ranges ziehen sich balconartig auf drei Seiten um den Saal herum und haben ihren Zugang von breiten, in die grofsen Haupttreppenhäuser vorspringenden Galerieen. Gegenüber dem Orchester sind für 8 Logen Vorzimmer eingerichtet. Hinter dem aufsteigenden Orchester bei der Orgel ist die Brüstung des I. Ranges vor einem schmalen Umgange herumgeführt. Der II. Rang besteht aus 3 geräumigen, dem Orchester gegenüber gelegenen Logen, von denen die mittlere der Vorstand benutzt, und in welcher die Königlich Sächsischen Majestäten der Eröffnungsfeier beiwohnten. Die Zugänge zu den Logen vermitteln die vier Aufgangstreppen in den Ecken der Risalite beider Seitenfronten. Die Brüstung der Logen des ersten Ranges ist mit einem reichen Fries von Putten mit Laubgewinden, Sinnbildern und Portrait-Feldern berühmter Musiker geschmückt. Die zum Theil von Professor Lürssen, zum Theil vom Bildhauer Brodwolf in Berlin modellirten Felder stellen auf der einen Seite die Bildnisse von Bach, Gluck, Mozart, Cherubini, Spohr, Mendelssohn und Volckmann, auf der anderen die von Händel, Haydn, Beethoven, Schubert, Weber, Schumann und R. Wagner dar. Zwei Plätze sind zunächst unausgefüllt geblieben. Ueber dieser Brüstung zeigt die Architektur der Wände eine um den Saal herumlaufende, die Stickhappen der Decke aufnehmende flache Pilasterstellung, deren regelmäfsige Theilung an den Schmalseiten durch die grofsen Nischen für die Orgel und die Logen unterbrochen wird. Zu den Seiten der Orgel sind Nischen angeordnet, in denen weibliche Idealgestalten zur Aufstellung gelangen sollen. In strengem Bezuge zur Pilasterstellung ist die Decke innerhalb des durch die Stichkappen gebildeten Rahmens in flache, reich geschmückte Balkenfelder getheilt.

Für die farbige Behandlung des Raumes, welche unter der besondern Leitung des Professor Schaller ausgeführt wurde, ist eine noch von Martin Gropius herrührende Skizze mafsgebend geblieben. In dieser war für die Täfelungen und den ganzen unteren Theil des Saales ein warmes, röthliches Braun in verschiedenen Tönen gewählt, während die oberen Wandflächen und die Decke auf einem lichten, ins Grünliche stechenden Elfenbeinton eine reiche ornamentale und figürliche Ausschmückung erhalten sollten. An der Decke erscheint als Versinnbildlichung der Harmonie der Sphären der gestirnte Himmel: auf blauem Grunde die Zeichen des Thierkreises und vier gröfsere Sternbilder: Uranus und Jupiter, Venus und Juno, in zartem Grau gehalten. Dazwischen die vier Tageszeiten und eine Gruppe im Tanze schwebender Idealgestalten, diese alle in leuchtenden Farben ausgeführt. Die vier Ecken der grofsen Hohlkehle füllen sinnbildliche, mehr ornamental gehaltene Darstellungen der vier Mächte, welchen Leipzig seine Blüthe verdankt: Industrie, Handel, Kunst und Wissenschaft. Zur Auszierung der 14 grofsen Flächen unter den Fenstern der Längswände sind abwechselnd figürliche und ornamentale Malereien geplant, welche in gedämpften Tönen mit Bronzeumrifs gobelinartig auf Leinewand ausgeführt werden sollen. Den bildlichen Darstellungen sind die Hauptarten musikalischer Schöpfung, die Symphonie, das Oratorium, das Lied u. s. w., zu Grunde gelegt. Ein Theil der Bilder ist bereits fertiggestellt, es ist indessen die Entscheidung darüber noch nicht getroffen, ob es nicht vorzuziehen sei, diese Wände in anspruchsloserer Weise zu bemalen.

Das Orchester-Podium in seiner grofsen und kleinen Form hat erst nach vielen Versuchen und Umgestaltungen seine endgültige Gestalt erhalten. Für Aufführungen mit Chor wird das gewöhnliche, nur für Orchesteraufführungen bestimmte Podium um einen Streifen von etwa 4 m Breite nach vorn vergröfsert, wodurch etwa 80 Plätze für das Publicum verloren gehen. Da die unteren Podiumsstufen im Vergleich zu den oberen sehr flach gehalten sind, so liegt der Fufsboden des grofsen Podiums an der Vorderkante nicht viel tiefer als beim kleinen Podium (0,85 m gegen 1,10 m über dem Saalfufsboden). Zur Verkleidung der Vorderfläche des grofsen wie des kleinen Podiums wird dasselbe Täfelwerk verwendet. Dieses hat genau die Höhe der Vorderkante des kleinen Podiums, sodafs bei Aufführungen mit Chor seine Oberkante 0,25 m höher ist als der Fufsboden, wodurch die Füfse der Damen verdeckt werden. Durch eine von Holzdocken getragene Messingstange wird alsdann noch eine leichte Schranke gebildet. Rückseitig erreicht die obere Stufe des Podiums eine Höhe von 2,52 m über Saalfufsboden. Die Mitglieder des Orchesters sowie die Sänger und die Solosänger ersteigen das Podium durch eine rückseitig in der Mitte angeordnete Treppe, während die Sängerinnen, welche meist der besseren Gesellschaft der Stadt angehören, vom Publicum-Raum her durch kleine Seitentreppen zu ihren Bänken aufsteigen. Hinter den Sängerinnen stehen die Sänger, sodafs der ganze Chor akustisch als geschlossene Masse zur Wirkung kommt. Das Orchester, dessen Mitglieder der überwiegenden Zahl nach stehen, ist keilförmig mit der Spitze zwischen den Sängerchor eingeschoben und nimmt den hinteren Theil des Podiums ein. Die Grundfläche des grofsen Orchesters beträgt 161 qm. Dieselbe reicht hin für 104 Orchester-Mitglieder und 300 Sänger und Sängerinnen. Das kleine Orchester hat 115 qm Grundfläche.

Die Sitze für das Publicum im unteren Saalraum sind als Klappsitze mit eisernem Gestell hergestellt. Sitz und Rückenlehne sind in Holzrahmen mit flachem, in rothem Plüsch bezogenen Polstern versehen, auch haben die Sitze kurze, gepolsterte Armlehnen erhalten. Da der Saal auch für andere Zwecke benutzbar sein sollte, so mufsten die Sitze sich leicht entfernen lassen. Es wurden daher je 5 bis 6 Sitze durch Längsverbindungen zu einem zusammenhängenden Stück vereinigt, für welche zwei Schrauben zur Befestigung am Fufsboden genügen. Wenn

der Saal geräumt werden soll, so werden nach Beseitigung der Stühle dieselben Schrauben in die in den Boden eingelassenen Schraubenmuttern so wieder eingezogen, dafs der Schraubenkopf mit seiner Oberfläche genau auf Fufsbodenhöhe zu liegen kommt. In den Logen sind bewegliche Polsterstühle bezw. Lehnsessel aufgestellt.

Aus den Grundrissen im Atlas ist die Anordnung der Sitze im besondern ersichtlich. Bei derselben war die Concert-Direction in erster Linie auf grofse Bequemlichkeit bedacht. Man hat daher das beim Wettbewerb-Entwurf angenommene Mafs für den Sitz von 75 cm Tiefe und 55 cm Breite auf 78 cm Tiefe und 58 cm Breite vergröfsert. Da man ferner sehr geräumige Gänge verlangte, die Abmessungen des Saales aber verkleinert wurden, so ist natürlich die ursprünglich verlangte Zahl von 1700 festen Sitzplätzen nicht erreicht worden. Bei kleinem Orchester beträgt dieselbe aufser der Vorsteherloge, welche 55 Personen zu fassen vermag, 1533, bei grofsem 1453 Sitzplätze. Bei der Eröffnungsfeier waren aufserdem im ganzen Mittelgang und an anderen Orten Stühle gesetzt. Da endlich für Stehplätze ausgiebiger Raum verblieben ist, so können erforderlichen Falles etwa 1700 bezw. 1620 Personen den Aufführungen im Saal beiwohnen. Zum Vergleich sei erwähnt, dafs, während von den vorerwähnten Sitzplätzen bei kleinem Orchester auf den unteren Saalraum 988 Sitzplätze kommen, der untere Saalraum im alten Gewandhause nur 322 Plätze von nur 75 cm Tiefe auf 52 cm Breite enthielt. Wenn trotzdem gegen 800 Personen den Concerten im alten Gewandhaussaale beizuwohnen pflegten, so war ein grofser Theil derselben in Nebenräumen, von denen aus das Orchester garnicht zu sehen war, oder auf sehr unbequemen Logen untergebracht.

In Betreff der Akustik ist bereits weiter oben gesagt, dafs die Verfasser des Entwurfes gemeint haben, die Form des alten, akustisch so hoch berühmten Saales wiederholen zu müssen. Namentlich war die schachtelartige Construction in Holz, auf welche das Orchester seine Schwingungen so überträgt, dafs alle Umfassungen des Saales geigenartig mitklingen, durchaus nachahmenswerth erschienen. Freilich war man nicht sicher, ob sich die beidseitig abgerundete Form im grofsen Mafsstabe ebenso wie im kleinen bewähren würde. Indessen hatten die Versuche im grofsen amphitheatralisch gestalteten Trocadero-Saal mancherlei Aufschlüsse in dieser Beziehung gegeben. Man hatte dort zunächst gefunden, dafs der Ton in der Nähe des Orchesters durch Resonanz verstärkt, in der Ferne hingegen gebrochen werden mufs, und dafs ferner Schallwellen von Resonanz bildenden Flächen nur so lange für die Klangwirkung günstig zurückgeworfen werden, als die Entfernung solcher Flächen vom Orchester nicht mehr als 17 m beträgt. Dies entspricht für den Weg des Schalles hin und zurück, seiner Geschwindigkeit gemäfs, einem Zeitraume von $^1/_{12}$ Secunde. Dauert die Rückkehr des Schalles länger als $^1/_{12}$ Secunde, so stört der zurückkehrende Ton den ursprünglichen. Im Trocadero-Saal war hiernach die Aufgabe gewesen, hinter dem Orchester einen möglichst geschlossenen, den Schall verstärkt in den Saal werfenden Resonanzboden herzustellen, im Saale selbst aber die Wandflächen, welche über 17 m vom Mittelpunkte des Orchesters entfernt liegen, so zu gestalten, dafs sie den Schall verschlucken. Die günstigen Ergebnisse, welche dort erreicht sind, hat man in Leipzig verwerthet. Freilich war hier bei der länglichen Grundform des Saales die Aufgabe eine andere, als bei der dem Kreise sich nähernden Gestalt des Trocadero-Saales. Jedes Echo ist indessen auch in Leipzig glücklich vermieden. Die dem Orchester gegenüberliegende Wand ist möglichst durchbrochen und mit sehr rauhem Leinenstoff bekleidet, auch sind hier die Logenöffnungen mit dicken Vorhängen ausgestattet. Zu ernsten Besorgnissen gaben indessen die beiden einander parallelen, nur durch flache Pilaster unterbrochenen Längswände des Saales Anlafs. Es erschien wünschenswerth, die eine dieser Wände zu durchbrechen, damit der Schall nicht mehrfach hin und her geworfen werde; aber man konnte sich zu einer so unsymmetrischen Anordnung doch nicht entschliefsen. Ein Mittel, die Klangwirkung zu dämpfen, wenn sich dies als nothwendig erweisen sollte, verblieb in der Möglichkeit, die gobelinartige Malerei der je sieben Felder beider Längswände auf Stoff auszuführen. In der That hat sich denn auch nach den ersten Proben die Anwendung dieses Mittels empfohlen. Aber auch auf die akustische günstige Einwirkung der Kronleuchter ist Bedacht genommen. Der alte Gewandhaus-Saal hat keinen freischwebenden Beleuchtungskörper, er ist vielmehr durch Sonnenbrenner beleuchtet. In dem grofsen neuen Saale dagegen glaubte man schon wegen der festlichen Wirkung auf grofse Kronleuchter nicht verzichten zu dürfen. Im Uebrigen ist bei der Construction der Verschalungen, der Richtung der Balken, auf denen der Fufsboden ruht, und bei anderen Dingen darauf besondere Sorgfalt verwendet, dafs die Schwingungen des Orchesterpodiums sich auf die ganze innere Schale des Saales möglichst gleichmäfsig übertragen.

Das Ergebnifs dieser zielbewufsten Bestrebungen der Erbauer ist denn auch ein so überaus günstiges gewesen, dafs viele sachverständige Stimmen den neuen Saal akustisch sogar höher stellen als den alten Gewandhaus-Saal. Es ist anzunehmen, dafs im Laufe der Jahre durch ein weiteres Austrocknen des Holzes und durch die dauernde Einwirkung der Schallschwingungen, wie es ja bei Geigen der Fall sein soll, die Klangwirkung im Saale sich noch verbessern werde.

Drei Kronleuchter mit je 95 Gasflammen und 28 Wandarme zu 6 Gasflammen erleuchten den Saal. Diese Gasflammen werden, sobald die elektrische Beleuchtung endgültig eingeführt sein wird, durch 150 bezw. 168 Glühlichter ersetzt werden. Gasflammen und Glühlichter befinden sich schon jetzt an denselben Beleuchtungskörpern.

Der kleine Concertsaal.

Der vorzugsweise für Kammermusik bestimmte kleine Concertsaal hat bei 23 m Länge und 11,50 m Breite eine lichte Höhe von 7,75 m erhalten. Wände und Decke bestehen wie im grofsen Saale aus Holz, theils mit, theils ohne Verputz. Ueber einer hohen Täfelung ist eine Folge gekuppelter Pilaster um den ganzen Saal gleichmäfsig herumgeführt. Auf Ranghöhe sind zwischen diesen Pilastern in den gröfseren Wandfeldern der Längswände und dem Orchester gegenüber Logen angeordnet. Hinter dem Orchester ist die Wand der Resonanz halber geschlossen geblieben. Zwischen den Logen sind Nischen zur Aufstellung von Portraitbüsten angeordnet. Die Theilung der Decke schliefst sich an die drei den Saal erleuchtenden kreisrunden Oberlichte an. Die farbige Wirkung des Saales ist reich und ernst zugleich. Alle vortretenden Gliederungen und Reliefs sind in einem dunklen bronzebraunen Holzton mit reicher Bronzirung der Höhen gehalten, der sich gegen das dunkle Blau

der Tiefen wirkungsvoll abhebt. Nur begleitend und belebend, die einheitliche Wirkung von Blau und Bronze aber nicht störend, tritt hier und dort ein frisches Roth auf. Die Fenster hinter den Logen sind durch Läden geschlossen. Abends werden die mattfarbig verglasten Oberlichte durch oberhalb angebrachte Beleuchtungskörper erhellt. Die übrige Beleuchtung erfolgt durch 18 Sonnenbrenner, die sich planmäfsig in das Muster der Decke einfügen, und durch 12 die Decke von unten erhellende Wandarme. Aehnlich wie im grofsen Concertsaal zieht sich auch im kleinen Saale eine um etwas über den Fufsboden erhöhte Estrade um den Saal herum. Da dieser Saal häufig für Abendfeste benutzt wird, war darauf Bedacht zu nehmen, dafs Orchesterpodium und Sitze besonders leicht entfernt werden können. Man hat zu dem Zweck Böcke von der Länge der Sitzreihen hergestellt, auf welche gewöhnliche Polsterstühle aufgesetzt werden. Eine Befestigung der Böcke am Fufsboden hat sich als nicht erforderlich erwiesen. In den Logen sind hinter einer Reihe Stühle einfache Bänke mit Klappsitzen angeordnet. Der Saal enthält im unteren Raume 362, in den Logen 256 feste Sitze, aufser der für 25 Personen ausreichenden Vorsteherloge, sodafs er insgesamt 643 Personen bequem aufnehmen kann. Durch besonders einzuschiebende Stühle und durch Stehplätze ist diese Zahl bis auf etwa 700 zu vermehren.

Das Podium, dessen Rückwand, je nachdem ein oder zwei Concertflügel für die Aufführungen erforderlich sind, mit einer entsprechenden Anzahl von Stühlen für Publicum besetzt wird, ist 60 cm hoch und waagerecht hergestellt. Seine Grundfläche beträgt 46 qm. Die akustische Wirkung auch dieses Saales ist eine vorzügliche.

Der Wandelraum (Foyer).

Der Wandelraum, 30 m lang, 11 m breit, mit einer geräumigen Erweiterung an der Vorderfront, hat dieselbe Höhe wie der kleine Saal. Durch zehn mächtige Säulen und entsprechende Wandpilaster von rothem Stuckmarmor kräftig getheilt, ist er über einer dunkel grünlichen Holztäfelung in lichten grau-grünen Tönen mit theilweiser Bronzirung nur soweit ausgemalt, wie es für den meistentheils nur vorübergehenden Aufenthalt des Publicums nöthig erschien und es die Mittel für jetzt erlaubten. Für die Zukunft ist zum Schmuck der oberen Wandflächen ein reicher Bilderfries geplant. Die Umrahmungen der drei grofsen Eingangsthüren haben Säulen von grünlichem Stuckmarmor erhalten. Die Decken sind mit reichen Stucktheilungen versehen. Die Ausstattung besteht aus Polstersitzen von grünem gemusterten Velour. Vor den Nischen zwischen den Fenstern der Schmalseiten werden dereinst die Standbilder von Mendelssohn und Schumann zur Aufstellung gelangen. Die Beleuchtung der Wandelhalle erfolgt durch acht, auch für elektrisches Licht eingerichtete Bronzekronleuchter.

Die Nebenräume.

Zur Unterbringung der Subsellien und der Orchester-Podien beider Concertsäle ist über der hinteren Kleiderständer-Halle ein Zwischengeschofs hergestellt, in welches eine durch Aufheben einiger Fufsbodenplatten im Solistenzimmer unter der Orgel zugänglich zu machende bequeme Rampe hinabführt. Dies Zwischengeschofs enthält aufserdem ein sehr geräumiges Stimmzimmer mit Abort und das Zimmer des Capellmeisters. Durch Schliefsen der Thüren vor dem letzten Theile beider Flure im Hauptgeschofs können neben den Orchestertreppen jederzeit zwei weitere Solistenzimmer hergestellt werden. Die Aborte für Herren und Damen liegen unter den westlichen Logentreppen des grofsen Saales, und zwar sowohl auf Vorhallenhöhe wie auch in einem darüber angeordneten Zwischengeschofs. Die Logentreppen sind zu diesem Zwischengeschofs hinuntergeführt. Am hinteren Eingang ist rechts die Wohnung des Hausinspectors angelegt, unter welcher im Kellergeschofs die Küche nebst Wirthschaftsräumen sich befinden, links das Büreau mit der Tageskasse. An diese schliefst sich die Bibliothek (zugleich Sitzungszimmer des Vorstandes), in welcher an drei Wänden zweistöckig übereinander Schränke angebracht sind, von denen die oberen durch eine Galerie erreicht werden. Die Schränke sind mit Thüren verschlossen und enthalten nebst werthvollen Handschriften hauptsächlich die überaus grofse Sammlung von Orchester- und Sing-Stimmen, geordnet nach Opern, Symphonien u. s. w. Die waagerechte Decke des Raumes ist in Cassetten getheilt, welche an Ort und Stelle in Beton gegossen sind.

Das Aeufsere des Gebäudes.

Im Aeufsern des ganz in Cottaer Sandstein verblendeten Gebäudes kommt die Vertheilung der Innenräume zum allgemeinverständlichen Ausdruck. Ueber dem niedrigen, die Eingänge, die Hallen, die Kleiderstände und andere weniger bedeutende Räume enthaltenden Erdgeschofs erhebt sich das Hauptgeschofs in einer gleichmäfsig um das ganze Gebäude herumgeführten Höhe, über welche nur der Hauptsaal in der Mitte bedeutungsvoll hervortritt. Die Mitte über dem Haupteingang ist durch einen mächtigen, säulengetragenen Giebel ausgezeichnet, dessen sinnvoller Figurenschmuck in westfälischem Kalkstein ausgeführt, der Meisterhand des Professor Joh. Schilling in Dresden entstammt. Das Giebelfeld stellt in fast ganz freistehenden Figuren Apoll unter den Hirten dar und veranschaulicht die Wirkungen der Musik auf die verschiedenen Altersstufen der Menschen. Gekrönt wird der Giebel von drei weiblichen Idealgestalten, welche, mit entsprechenden Abzeichen versehen, die weltliche und die kirchliche Instrumental-Musik, in der Mitte aber die Vokal-Musik versinnbildlichen. Für den grofsen Fries im oberen Aufbau des Saales hat Herr Professor Schilling ein Relief, die vier Sätze der Symphonie darstellend, entworfen, welches noch seiner Ausführung harrt. Die Bossen in Stein sind dafür vorgesehen. Die Nischen zu beiden Seiten des Giebels schmücken Statuen von Mozart und Beethoven, die gleichfalls Schilling erfunden hat. Die Wandfläche und die Nischenarchitektur sind nach den Cartons des Bildhauers Otto Lessing in Berlin mit einem sinnbildnerischen Sgraffitoschmuck versehen, dessen figürlicher Theil die künstlerische Eigenart der beiden grofsen Tondichter in glücklicher Weise kennzeichnet. Die Mittelbauten der Seitenfronten enthalten ähnliche Nischen, welche in Zukunft die Statuen von Bach, Haydn, Gluck und Händel aufnehmen sollen. Auch hier, wie zwischen den Fenstern an den Seitenfronten des oberen Aufbaues ist Sgraffitoschmuck zur Ausführung gelangt. Bei der Herstellung des Sgraffitos ist mit der gröfsten Sorgfalt verfahren, sodafs man auf eine lange Erhaltung desselben rechnen darf. Wohl hätte man bei einer Ausführung der Entwürfe in gebrannten Thonplatten eine gröfsere Gewifsheit hinsichtlich der Dauer gehabt, indessen wa-

ren die Kosten dafür bei der bedeutenden Ausdehnung der Flächen, namentlich im oberen Aufbau, nicht zu erschwingen. Von einer Ausführung der Ausschmückung aber in Malerei mit Anwendung der sehr haltbaren Keim'schen Farben ist abgesehen, weil man fürchtete, die glatte Oberfläche dieser Malerei werde neben dem körnigen Sandstein weniger günstig wirken als das mehr körperliche und rauhe Sgraffito.

(Schlufs folgt.)

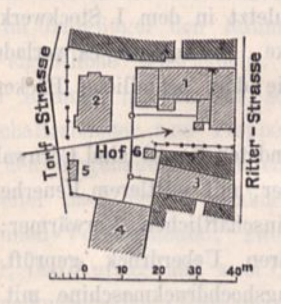
Bauausführungen der Garnisonbauverwaltung.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 7 und 8 im Atlas.)

Dampfmahlmühle für die Garnison in Wesel.

(Blatt 7.)

Im Anfang der siebziger Jahre war beschlossen worden, für die Garnison in Wesel eine eigene Dampfmahlmühle zu erbauen. Zum Bauplatz wurde ein in der Nähe des Kornmarktes zwischen der Torf- und der Ritterstrafse gelegenes Grundstück gewählt, dessen Gestaltung durch die beistehende Zeichnung veranschaulicht wird.



1. Mühlengebäude.
2. Beamtenwohnhaus.
3. Kleienmagazin.
4. Körnermagazin.
5. Holzschuppen.
6. Abort.

Trotz seiner Beschränktheit eignete sich dasselbe sehr wohl für den Zweck, weil es eine Auf- und Durchfahrt für Fuhrwerke von beiden Strafsen her gestattete, auch das auf ihm vorhandene Gebäude, ein früheres Steuerhaus, sich durch Umbau leicht als Wohnhaus für den Mühlenmeister und den Maschinisten nutzbar machen liefs. Zudem konnten zwei andere an das Grundstück grenzende, verfügbare alte Gebäude, die sogen. englische Kirche und das Gewehrhaus, zu einem Körner- und einem Kleienmagazin ausgebaut und mit in die Neuanlage einbezogen werden.

Die Mahlmühle selbst wurde an die Ritterstrafse gestellt. Sie besteht, wie aus den Zeichnungen auf Blatt 7 hervorgeht, aus dem über dem Erdgeschofs einschliefslich des hohen Dachgeschosses vier Stock hohen Haupt- oder eigentlichen Mühlengebäude, an dessen Giebelseiten sich einstöckige Anbauten lehnen. Von diesen enthält der eine die Verkehrshalle und eine Müllerstube, der andere das Maschinen- und Kesselhaus mit dem Dampfschornstein und dem zwischen diesen und das Hauptgebäude eingeschobenen Kohlenschuppen. Maschinen- und Kesselhaus bilden die Strafsenfront.

Im Hauptgebäude sind die einzelnen Stockwerke durch Balkenlagen getrennt, die auf eisernen Trägern ruhen und durch je 2 übereinander gekuppelte Säulen getragen werden, sodafs im ganzen 8 eiserne Säulen zur Unterstützung der Balkenlage verwendet worden sind. Sämtliche Stockwerke mit Einschlufs des Drempelgeschosses werden durch eine im Innern des Gebäudes gelegene hölzerne Treppenanlage verbunden, aufserdem durch einen Fahrstuhl, der jedoch nur für die Beförderung der Körner bestimmt ist. Für Feuersgefahr dient die seitlich vorgebaute massive Treppe, welche gegen den Mühlenraum durch eiserne Thüren abgeschlossen ist.

Zwischen dem Maschinenraume und dem Erdgeschofs des Mühlenraumes ist eine Zwischendecke, auf Steinpfeilern ruhend, eingeschlossen, auf die sich der Unterbau der Mahlgänge stützt, desgleichen die Königswellen, die als senkrechte Fortleitung der ganzen Maschinen-Vorrichtung dienen. Die Zwischendecken des Hauptgebäudes sind nur gedielt, sodafs die Balken nach unten zu frei liegen. Die einzelnen Geschosse haben eine durchschnittliche Höhe von 3,25 m.

Die Fundamente der Umfassungsmauern und der Säulen des Hauptgebäudes sind einschliefslich des Sockels im Mittel 2,75 m tief, 1,16 m stark und durch umgekehrte Gewölbe verbunden; nur der Theil der Fundamente unter dem Unterbau der Mahlgänge und Wellen ist vollständig durchgeführt und zwar in einer Breite von 2,5 m.

Die gesamte betriebstechnische Anlage ist nach den Plänen des Professors H. Wiebe ausgeführt worden, und nach Fertigstellung einigen Veränderungen unterzogen, welche der Mühlenbaumeister Kraus aus Neufs nach seinen Plänen ausführte.

Die fertiggestellte und in Betrieb gesetzte Anlage zeigt

a. im Erdgeschofs:

1) den Verkehrsraum, im Anschlufs an den Raum für dasjenige Getreide, welches zum Mahlen bestimmt ist und aus dem Körnermagazin nach der Mühle gebracht wird,

2) den Fahrstuhl,

3) die Elevatorenscheiben,

4) den Exhaustor für die 4 Mahlgänge und das Ableitungsrohr nach dem Freien,

5) einen Schleifstein mit Riemscheibenbetrieb zum Schärfen der Eisen für die Lager- oder Laufsteine,

6) die Zwillingsdampfmaschine, die Dampfkessel und den Kohlenraum;

b. im Zwischengeschofs darüber:

1) die Vorgelege der 4 Mahlgänge,

2) die beiden Königswellen, an die je 2 Mahlgänge angeschlossen sind, während an der einen der Wellen noch ein Riemscheibenbetrieb für die im Erdgeschofs befindlichen Elevatorenscheiben, den Exhaustor und den Schleifstein angeschlossen ist;

c. im I. Stockwerk:

1) die 4 Mahlgänge über der vorgenannten Zwischendecke, gegen den Fufsboden etwas erhöht,

2) die Zu- und Ableitungsrohre der Exhaustoren,

3) 2 Steinkrahne zum Anheben der Laufsteine,

4) das Fallloch für das fertiggestellte Mahlgut, und die Ladethür, um die Säcke sofort auf einer schiefen Ebene nach dem Wagen verladen zu können;

d. im II. Stockwerk:

1) 4 Schütttrichter,

2) den Mehlraum für das fertige Mehl, durch einen Bretterverschlag von dem übrigen freien Raume getrennt,

3) die Ansatzstutzen für die Luftzuführung zu den Reinigungsmaschinen;

e. im III. Stockwerk:

1) 4 Beutelmaschinen, je 2 in einem hölzernen Gehäuse vereinigt,

2) 2 Reinigungsmaschinen nach dem patentirten System Puhlmann,

3) die oberen Lager der Königswellen und eine waagerechte Wellenleitung mit Scheibenkuppelung für die Reinigungsmaschinen, ferner eine Riemscheibenübertragung für die Scheiben der Elevatoren und für den Fahrstuhl im Dachgeschofs;

f. im Dachgeschofs: den Fahrstuhl mit Bewegungsvorrichtung und die oberen Wellenscheiben der Elevatoren.

Der Grundgedanke der Anlage war nunmehr der, mit einer Maschine sämtliche Mahlgänge (4 an der Zahl) zu treiben, aber auch einen beliebigen Gang ausschalten zu können, oder selbst nur einen Gang in Betrieb zu setzen. Es ist zu diesem Zwecke eine Zwillingskraftmaschine verwendet, welche mit zwei Triebrädern mit Riemenübertragung versehen wurde, von denen jedes mit je einer Königswelle verbunden ist.

Zu beiden Seiten je einer Königswelle liegen zwei Mahlgänge, die mittels verstellbarer, waagerecht liegender Räder mit einem ebensolchen Zahnrade der Königswelle in Verbindung gesetzt werden können. Werden nun beide Königswellen durch Riemen mit den beiden Triebrädern der Dampfmaschine verbunden und je zwei Gänge gegen die Wellen angelegt, so gehen alle 4 Mahlgänge gleichzeitig; wird eine Königswelle aufser Betrieb gesetzt, dann gehen nur die beiden gegen die andere Königswelle angeschlossenen Mahlgänge; schliefslich läfst sich durch die verstellbaren Räder der einzelnen Mahlgänge je ein Gang von der Königswelle ausschalten, sodafs z. B., wenn nur eine Königswelle in Bewegung gesetzt wird und ein Gang aufserdem von der gedachten Welle ausgeschaltet wird, nur noch ein Gang im Betriebe bleibt.

Von besonderem Interesse ist die von Kraus hergestellte Mahlgangvorrichtung. Beweglich ist der obere Stein oder der Läuferstein. Derselbe ist 30 cm stark und besteht auf 15 cm seiner Höhe aus aufsergewöhnlich hartem, quarzhaltigem Stein, im übrigen dagegen nur aus einer Gipsfüllung in einem eisernen Cylinderrahmen. Der Lager- oder Bodenstein ist 24 cm stark und ruht auf einem eisernen, mit Rippen versehenen Boden, derartig, dafs die Rippen in den Stein eingreifen. Beide Steine werden durch ein cylindrisches Gehäuse eingeschlossen, welches in seinen Wandungen aus verzinktem Eisenblech, Holz, Filz und wiederum verzinktem Eisenblech besteht und im ganzen nur eine Wandstärke von 25 mm hat.

Unter dem in gleicher Weise hergestellten Deckel liegt ein Staubfilter, sägenförmig geschnitten und mit flanellartigem Stoff überzogen; über dem Staubfilter befindet sich ein dicht abgeschlossener Luftraum, welcher nur durch den flanellartigen Boden des Staubfilters gegen den Stein offen liegt. In diesen Holhraum münden die Rohre des Exhaustors; eine Selbstregelung, ähnlich einem Uhrwerk (Kraus-Patent) öffnet alle 8 Minuten die Drosselklappe nach dem Exhausterrohre und entleert den Zwischenraum, wodurch eine beständige Abkühlung der innerhalb der Steine erzeugten Wärme hervorgebracht wird.

An der seitlichen Mündung für die gemahlenen Massen ist das Fallrohr nach dem Elevator angebracht; in demselben sitzt eine stehende Schnecke von $1\frac{1}{2}$ Umdrehung, die einen ununterbrochenen Abzug der gemahlenen Massen nach dem Elevator herstellt.

Neben den Mahlgängen sind zwei Stellschrauben angebracht, und zwar die eine für das Inbetriebsetzen des Ganges, die andere für das Stellen des Laufsteines, je nachdem feiner oder gröber gemahlen werden soll. Die zuerst gedachte Schraube ist mit besonderer Hebelvorrichtung mit dem verstellbaren Rade der Steinwelle verbunden, während die andere die ganze Steinwelle anhebt oder senkt.

Der Betrieb ist nun derartig, dafs das Korn zunächst nach dem Erdgeschofs gebracht wird und mittels des Fahrstuhls nach dem Dachgeschofs gehoben wird. Hier wird es in die Roste ausgeschüttet, welche zur tiefergelegenen Reinigungsmaschine führen, und aus dieser fällt es in die darunter befindlichen Fruchttrichter, aus welchen es durch lederne Schläuche in die Mahlgänge einfällt. Aus diesen wird das Mehl durch Elevatoren nach den im III. Stockwerk befindlichen Beutelkasten gebracht; aus diesen fällt es in die im II. Stockwerk befindliche Mehlkammer, und aus dieser zuletzt in dem I. Stockwerk durch einen Trichter hindurch in Säcke, in welchen es verladen und nach der Citadelle bezw. in die dort befindliche Bäckerei geschafft wird.

Die für die Anlage verwendeten Kessel sind Cornwallkessel mit obenliegendem Dampfsammler, mit mittlerem Feuerherd und einem für beide Kessel gemeinschaftlichen Vorwärmer; beide Kessel sind auf 6 Atmosphären Ueberdruck geprüft. Die Dampfmaschine ist eine Zwillingshochdruckmaschine mit Schiebersteuerung und verstellbarer Meyer'scher Expansion. Dieselbe treibt aufser den 4 Gängen mit Zubehör zwei Puhlmann'sche Reinigungsmaschinen und hat 40 Pferdekräfte, welche bei 4 Gängen voll in Anspruch genommen werden. Die Maschine macht nicht mehr als höchstens 75 bis 80 Umdrehungen in der Minute. Die Leistung der Mahlgänge beträgt für 2 Gänge in 11 Stunden 120 bis 127 Centner Roggen, mithin für einen Gang 60 bis 63,5 Centner.

Das Körnermagazin, das Kleienmagazin, die Dampfmühle und der Kohlenraum sind durch Schienengeleise verbunden, zwischen denen 2 Drehscheiben eingelegt sind.

Die Kosten der Dampfmahlmühle haben für Grunderwerb 28500 ℳ, für Herstellung der baulichen Anlagen 50260 ℳ, für die maschinellen Einrichtungen 47300 ℳ und für die Aufstellung der Entwürfe sowie für Bauleitung 8540 ℳ betragen.

Garnison-Waschanstalt in Danzig.

(Blatt 7.)

Die frühere, in den Kasematten auf dem Bischofsberge bei Danzig befindliche Waschanstalt konnte infolge der Vergröfserung der Garnison und weil in ihr ausschliefslich Handbetrieb stattgefunden hatte, den Ansprüchen ferner nicht mehr genügen, und da eine Vergröfserung bezw. ein Umbau nicht angängig war, so mufste der Neubau einer Waschanstalt für die Danziger Garnison ins Auge gefafst werden. Als geeignet für diesen wurde ein im Inneren der Stadt und zwar auf der Neustadt gelegener, rd. 3760 qm grofser Platz angekauft, welcher nordöstlich vom Thorn'schen Weg, auf der Nordwestfront vom Poggenpfuhl, südwestlich von Privatgrundstücken und auf der Südostfront vom Mottlaubecken begrenzt wird.

Aufser den Räumen für die Reinigung der Leib- und Bettwäsche für die ganze Garnison Danzig (4119 Köpfe im Monat) sollten in dem Gebäude die Wohnungen der Betriebsbeamten (Caserneninspector, Maschinist und Heizer) untergebracht werden.

Im allgemeinen wurde bei der Neuanlage die Anordnung so getroffen, dafs das Hauptgebäude mit dem Kesselhaus möglichst nahe an das Mottlaubecken zu liegen kam (um bei der Entnahme von Wasser lange Leitungen zu vermeiden) die Bleichplätze dagegen nach dem Poggenpfuhl zu ihren Platz erhielten.

In dem Hauptgebäude sind im Kellergeschofs das Umkleidezimmer für die Frauen, die Rollkammer, die Dampfmaschine, die Betriebswasserpumpe, der Vorwärmer, der Dampfkessel, ein Wasserbehälter und ein Abort mit drei Abtheilungen, davon eine mit besonderem Eingange für die Frauen, untergebracht.

Das Erdgeschofs enthält im Querflügel den Raum für die reine Wäsche, welche von hier durch ein Fenster in der Treppenwand ausgegeben wird, ferner die Räume zu einem Büreau, zum Legen und Rollen der Wäsche und zum Aufbewahren von Decken, im Langflügel den Raum für die schmutzige Wäsche und die eigentliche Waschküche. In dem ersten der zuletzt genannten Räume, in den die schmutzige Wäsche durch ein inneres Schalterfenster vom Treppenflur her gelangt, wird dieselbe in den eingebauten Desinfectionsofen gebracht und demnächst weiter nach der Waschküche befördert. Diese enthält an Maschinen-Vorrichtungen: zwei Bükgefäfse, einen Dampfkochkessel, den Aufzug und zwei Centrifugen, sowie eine patentirte Doppelkurbelwalke (Waschmaschine) und eine Wäschespülmaschine; die beiden letzteren sind von der Maschinenfabrik von Oscar Schimmel u. Co. in Chemnitz geliefert.

Im ersten Stockwerk nimmt der Querflügel die Dienstwohnung des Caserneninspectors auf, während der Langflügel zu einem Trockenboden ausgebaut ist, in welchem sich zunächst dem Dunstschlot die beiden Warmwasserbehälter befinden. Im zweiten Stockwerk enthält der Querflügel die Wohnungen der beiden anderen Betriebsbeamten (Maschinist und Casernenwärter) und die Flickstube, während im Langflügel ein zweiter Trockenboden mit einem Kaltwasserbehälter untergebracht ist. Im Dachgeschofs, von welchem der Querflügel die Böden für die 3 Dienstwohnungen enthält, befindet sich im Langflügel der dritte Trockenboden.

Das Hauptgebäude nebst Kesselhaus und Abtritten ist auf einer mit Spundwänden umschlossenen Sandschüttung gegründet und im Aufbau in Ziegelrohbau mit gelben und rothen Hartbrandsteinen ausgeführt. Aufserhalb des Kellergeschosses und der Waschküche, welche überwölbt worden, sind im übrigen nur Holzdecken zur Anwendung gekommen. Das Dach des Hauptgebäudes ist mit englischem Schiefer, das des Kesselhauses mit Zink eingedeckt. Die Treppen sind freitragend aus Granit erbaut.

Als bewegende Kraft für den Wäschereinigungsbetrieb dient eine 7pferdige Dampfmaschine, welche zugleich das erforderliche Wasser vom Mottlaubecken nach den beiden Behältern im ersten Stock hebt, von wo aus die verschiedenen Maschinen und der Dampfkessel gespeist werden.

Aufser für den Maschinenbetrieb mufs der Dampfkessel auch den Dampf zum Abkochen der Wäsche in der Waschmaschine und zur Bereitung von Soda- und Seifenlauge liefern; es ist deshalb ein 5,1 m langer, 1,2 m im inneren Durchmesser weiter Kessel nebst einem 4,24 m langen und 0,7 m im inneren Durchmesser weiten Sieder, sowie ein zweiter zur Aushülfe dienender Kessel gewählt. Der Betrieb der Wäscherei ist nun folgender: Die schmutzige Wäsche wird von den Truppen zu bestimmter Zeit in die für diesen Zweck bestimmte Niederlage geliefert, dort nachgesehen bezw. im Desinfectionsofen erhitzt, und hierauf in Bündeln von bestimmter Zahl nach der Waschküche abgegeben. Hier weicht man sie 12 Stunden lang in den Bütten mit schwacher Sodalauge, bringt sie nach der Waschmaschine und walkt sie unter Zuführung von Dampf und starker Seifen- und Sodalauge mit warmem Wasser gehörig durch. Dann wird die Wäsche in der Spülmaschine gespült, in den Centrifugal - Trockenmaschinen vom tropfbaren Wasser befreit und mittels Fahrstuhls und Rollwagen nach den Trockenböden geschafft. Von diesen ist der oberste ohne Heizvorrichtung, die beiden unteren können durch verbrauchten Dampf in Eisengufsröhren oder, wenn die Maschine nicht im Betriebe ist, durch Luftheizung erwärmt werden.

Zur Lüftung der Waschküche und der Trockenböden ist der im Längenschnitt dargestellte Lüftungsschlot erbaut, welcher den eisernen Schornstein des Dampfkessels umschliefst und die Ansaugung und Abführung der kälteren Luft der Trockenböden bewirkt; auch ist aufserdem noch ein Exhaustor aufgestellt, dessen Saugeröhren in den beiden untersten Trockenböden ringsum dicht unter der Decke liegen.

Zwischen den Trockenböden und dem Raum vor der Rollkammer sind Fallschächte angeordnet, durch welche die getrocknete Wäsche nach unten geworfen, hierauf in der Rollkammer gerollt bezw. geflickt, sodann in dem Niederlageraum für reine Wäsche aufbewahrt und schliefslich ausgegeben wird.

Mit den Einrichtungen der Waschanstalt können erfahrungsmäfsig täglich 13 Centner trockene Wäsche gereinigt werden. Zur Versorgung mit reiner Wäsche für 4119 Köpfe im Monat genügt hiernach ein 13- bis 16tägiger Betrieb.

Die Gesamtkosten des Betriebes einschliefslich des Gehaltes des Maschinisten und aller Tagelöhne, doch mit Ausnahme des Gehalts des Caserneninspectors und Wärters, welche nicht ausschliefslich für den Betrieb der Waschanstalt, sondern auch für andere Garnisonanstalten thätig sind, betragen jährlich für den Kopf 1,57 ℳ.

Zum Waschen wird ausschliefslich das Wasser der Mottlau verwendet, welches durch ein etwa 1 m unter dem Wasserspiegel liegendes Thonrohr in einen auf der Nordostseite des Gebäudes liegenden Sammelbrunnen geführt wird, aus welchem das Saugrohr der Pumpe das Gebrauchswasser entnimmt. Als Trinkwasser wird das städtische Leitungswasser benutzt. Zwei Thonrohrstränge führen das verbrauchte Wasser dem städtischen Siel in dem Thorn'schen Weg zu.

Das Gebäude ist an die städtische Gasleitung angeschlossen.

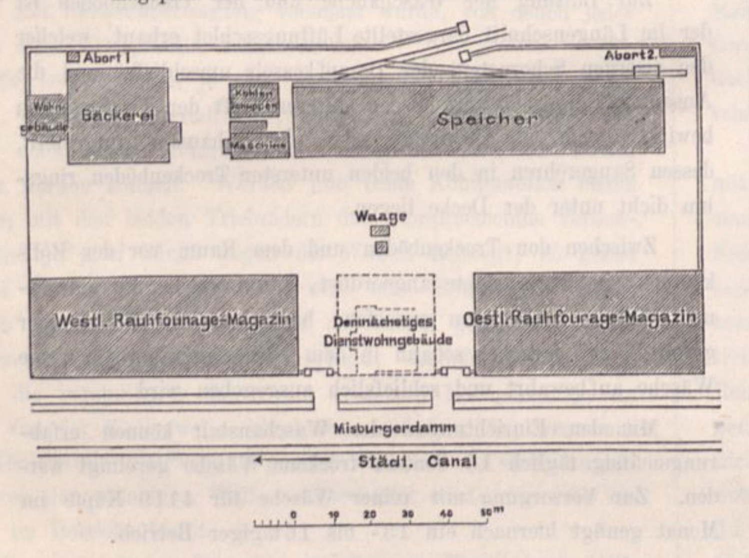
Der Bau wurde am 19. November 1868 begonnen und ist am 7. April 1873 vollendet worden. Die Anschlagssumme belief sich auf 173437,57 ℳ. Die Baukosten haben im ganzen 162846,27 ℳ betragen; hiervon sind auf die Sandfundirung 17130,58 ℳ, auf die Betriebseinrichtungen (Maschinen, Heizung u. s. w.) 27472,73 ℳ entfallen. Die Kosten für die Gasleitung haben 1456,70 ℳ, die Kosten für die Bauleitung rund 12550 ℳ betragen.

Garnisonbäckerei in Hannover.

(Blatt 8.)

Die nach dem Jahre 1866 völlig veränderten Garnisonverhältnisse der Stadt Hannover sowie der Umstand, dafs die daselbst vorhandene Garnisonbäckerei unzureichend und mit veralteten Oefen ausgestattet war, machte die Neuanlage einer derartigen Anstalt zum dringenden Bedürfnifs. Als nun nach dem Brande eines Speichers für Rauhfutter und wegen der durch die ganze Stadt zerstreuten Lage der Körnerböden die Vereinigung sämtlicher das Natural-Verpflegungswesen betreffenden Räumlichkeiten zu einem in sich abgeschlossenen Proviantamt geboten erschien, wurde auch die neu zu erbauende Garnisonbäckerei mit in diese Gesamtanlage einbezogen und ein durch Ankauf und Tausch erworbenes Grundstück am „Misburger Damm“ zum Bauplatz bestimmt.

Lageplan der Proviantamts-Gebäude in Hannover.



Der vorstehende Uebersichtsplan zeigt die für die Bäckerei gewählte Lage an der Nordwestecke dieses ringsum mit einer Mauer umfriedigten Grundstücks, auf dessen Nordseite das durch den Ankauf mit erworbene, zu einem Körnermagazin umgewandelte Speichergebäude nebst Maschinenhaus steht. Die an der Südseite gelegenen beiden Rauhfuttermagazine mit einem Fassungsraum für 37000 Ctr. Heu und Stroh sind später, in den Jahren 1877 und 1879 gebaut. Zur Vervollständigung der ganzen Anlage ist noch ein Dienstwohngebäude für den Vorstand, den Controleur und den Büreaudiener vorgesehen, für welches der entsprechende Raum zwischen den beiden Rauhfuttermagazinen am Misburgerdamm frei gelassen wurde.

Die Grundrifsanordnung des Bäckereigebäudes ist so getroffen, dafs das Erdgeschofs den $8{,}0 \cdot 24{,}98 = 199{,}84$ qm grofsen Backraum und daneben, durch eine $1^1/_2$ Stein starke Längsscheidewand von ihm getrennt, einen ebenso grofsen Brodraum aufnimmt. Der Zugang wird durch einen zugleich als Treppenhaus dienenden Ausbau an der Ostseite vermittelt. Unmittelbar vor dem Backraum liegen in einem niedrigen Anbau die 8 nach Wieghorst'schen Angaben erbauten Backöfen, deren je 2 einen gemeinschaftlichen, 18 m hohen Schornstein benutzen.

Das volle, einen umgetheilten Raum bildende Stockwerk des Bäckereigebäudes, sowie der mit Kniestock versehene Dachraum nehmen das Mehl auf, welches zunächst zum Verbacken bestimmt ist; im Bodenraum haben zugleich auch die Winde, durch welche Mehl, Korn u. dergl. auf die Lagerböden gehoben wird, und die sonstigen Maschinen Aufstellung gefunden.

Das sich an die westliche Giebelseite der Bäckerei anlehnende Wohngebäude enthält in seinem Erdgeschofs ein Casernement für 11 Bäcker, aus 2 Stuben und einem als Küche benutzten Nebenraum bestehend, ferner einen sowohl vom Backraume, als auch von aufsen zugänglichen Vorplatz und einen Flur mit Treppe, welche zu den in den Obergeschossen gelegenen Dienstwohnungen führt. Letztere bestehen aus der das ganze obere Geschofs einnehmenden Wohnung des Backmeisters (2 Stuben, 2 Kammern und Küche) und aus 2 kleineren Wohnungen (von Stube, Kammer und Küche) im Dachgeschofs, für einen Magazinaufseher und den Maschinisten bestimmt.

Das Aeufsere der beiden Gebäude zeigt einfache gothische Formen des Ziegelrohbaues mit Lisenentheilung, unter Hervorhebung der Mitten durch in Giebel auslaufende Vorlagen. Die Aufsenflächen sind, weil die Gebäude nicht an der Strafse stehen, nur mit gewöhnlichen Ziegelsteinen verblendet, die Gesimse und Wasserschrägen aber von glasirten Ziegeln hergestellt; letztere sind auch, abwechselnd mit rothen Steinen, zur Belebung der Flächen in allen Bögen verwendet. Aus Sandstein bestehen nur das Hauptgesims, die Abdeckung der steilen Giebel und die freitragenden Stufen der Treppen im Bäckereigebäude. Die Treppe, welche zu den Wohnungen führt, ist aus Holz hergestellt. Sämtliche Dachflächen sind mit glasirten Hohlpfannen, die Firste mit glasirten Firstziegeln gedeckt; den Anbau für die Backöfen deckt ein Pappdach. Die Fenster sind von Eichenholz gefertigt und im Backraume zur Sicherung der Brodvorräthe mit starkem Drahtgeflecht versehen. Die Fenster in dem Stockwerk der Bäckerei haben in ihrem unteren Theile verstellbare eiserne Jalousieen erhalten. Zur Erhellung und Lichtung der Lagerbodenräume sind Erker vorhanden.

In Bezug auf den Ausbau der Gebäude ist Folgendes zu bemerken. Das Wohnhaus ist in gewöhnlicher Weise mit gewellerten und verschalten Balkendecken, mit Fufsböden von tannenen Dielen, mit Verschalung der unteren Dachfläche, welche aus losnehmbaren Tafeln besteht, und mit einfach geputzten Wandflächen versehen. Der nur unter dem westlichen Theile vorhandene Keller ist mit $^1/_2$ Stein starken Kappengewölben zwischen Gurtbögen überdeckt. Die äufseren Mauerstärken sind im Erdgeschofs zu 51 cm, im oberen Stockwerk und im Dachgeschofs zu 38 cm Stärke bemessen.

Das Bäckereigebäude hat im Erdgeschofs mit Ausnahme der nur 38 cm starken Wände des Backofen-Anbaues Umfassungsmauern von 51 cm Stärke. Im oberen Geschofs vermindert sich dieselbe an den beiden Langseiten auf 38 cm, während für die Giebelfronten 51 cm beibehalten, die beiden grofsen steilen Dachgiebelmauern aber ebenfalls in 38 cm Stärke aufgeführt sind. Die mittlere Langmauer zwischen Back- und Brodraum ist 64 cm stark, hat aber beiderseits 13 cm tiefe Nischen. In ihr befinden sich 4 grofse Oeffnungen, welche mit Glasthüren versehen sind, um den Backraum, welcher nur wenig Licht von einer Giebelseite her empfängt, noch mittelbar vom Brodraum aus zu erhellen.

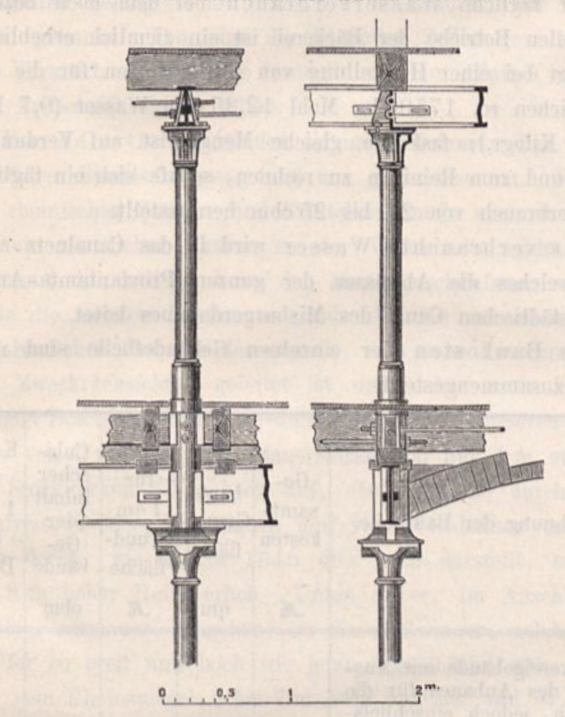
Die Decke des Erdgeschosses über den soeben genannten beiden Räumen besteht aus Kappengewölben, welche auf eisernen Trägern und zusammen 12 eisernen Säulen ruhen. Die ungleichmäfsige Eintheilung der Gewölbefelder wurde durch die Stellung der Backöfen und deren Schornsteine bedingt, welche derart

ist, dafs immer 2 Backöfen mit dem gemeinschaftlichen Schornstein vor einem Gewölbefelde liegen. Die Spannweiten der nach Moller'scher Art, am Widerlager mit einem ganzen, in der Mitte mit einem halben Stein ausgeführten Gewölbe wechselt deshalb zwischen 4,87 und 1,75 m. Der Dielenfufsboden über den Gewölben ruht auf 11/22 cm starken tannenen Balken, welche ersteren samt der Nutzlast selbständig tragen, ohne die Gewölbe zu belasten. Der zwischen Gewölbe und Gebälk vorhandene hohle Raum wird durch gegenüberliegende Maueröffnungen gelüftet, um die Uebertragung der Hitze in das obere Geschofs zu verhindern.

Der Backofenanbau ist unterhalb des Pappdaches ebenfalls mit einem $^1/_2$ Stein starken Kappengewölbe auf 6,62 m freitragenden Eisenträgern überdeckt.

Das freiliegend, mit 4,5 cm starken Dielen bedeckte Gebälk des oberen Geschosses wird von 3 Reihen eiserner Träger, und diese durch zusammen 18 eiserne Säulen unterstützt. Die Säulen der beiden äufseren Reihen sind unmittelbar auf die darunter stehenden in der, in vorstehender Zeichnung dargestellten Weise gesetzt. Die mittlere Säulenreihe steht unmittelbar auf der mittleren Scheidewand. Die die Balken aufnehmenden eisernen Träger liegen in besonderen, auf den Säulencapitälen verschraubten Schuhen und sind unter sich durch Laschen verbunden. Das Treppenhaus an der östlichen Giebelseite ist mit einem Kappengewölbe auf eisernen Trägern überwölbt.

Säulen-Construction in der Bäckerei in Hannover.



Die Fufsböden im Erdgeschofs der Bäckerei bestehen im Brodraum aus Asphaltestrich auf flachliegendem Ziegelsteinpflaster, auf welchem zur Aufnahme des fertigen Brodes ein Lattenbelag sich befindet; im Backraume, wo der Asphalt den vielfachen Einwirkungen grofser Hitze nicht widerstehen würde, bilden Sandsteinfliesen und vor den Backöfen hochkantiges Ziegelsteinpflaster den Fufsboden.

Sämtliche Wände des Bäckereigebäudes sind im Innern in vollen Fugen gemauert und dann geweifst, um die häufig vorkommenden Putzausbesserungen zu vermeiden; zugleich wurde hierdurch bei der kurz zugemessenen Bauzeit (vom Juli bis December 1876) ein schnelleres Austrocknen der Mauern erreicht.

Die Beheizung der Wohn- und Casernenräume erfolgt mit Kachel- bezw. eisernen Oefen. In der Bäckerei ist Heizung selbstverständlich nicht erforderlich und daher auch nicht vorgesehen. Ebenso sind in ihr aufser den Luftöffnungen unter dem Gewölbe und über dem Fufsboden besondere Lüftungsvorrichtungen nicht angebracht.

Bezüglich der Fundamente ist zu erwähnen, dafs dieselben 2,53 m unter dem Hofpflaster angelegt werden mufsten, weil an dieser Stelle Ausschachtungen, von dem Bau der Altenbekener Eisenbahn herrührend, sich vorfanden. Der Kellerfufsboden ist 20 cm über den höchsten Wasserstand gelegt, welcher nach den angestellten Ermittelungen auf 1,2 m unter dem Hofpflaster liegt.

An Nebengebäuden ist nur eine Abortanlage für die Bäcker und die Bewohner des Dienstwohngebäudes vorhanden. Dieselbe liegt nördlich hinter dem Gebäude, ist nach dem Grubensysteme angelegt und hat 2 verschlossene Sitze und 1 Pissoir.

Betreffs der, dem eigentlichen Backbetriebe dienenden Maschinen-Anlagen, deren volle Einrichtung erst einige Jahre nach Vollendung des Baues erfolgte, sodafs bis dahin alle Verrichtungen, auch die Wasserversorgung, mit der Hand bewirkt werden mufsten, sind zunächst die **Backöfen** anzuführen. Dieselben, wie erwähnt nach dem System von W. A. F. Wieghorst & Sohn zu Hamburg eingerichtet, sind auch von diesem Geschäft angeliefert worden. Das wesentliche bei den Oefen besteht darin, dafs der von entsprechend starkem Mauerwerk umgebene eigentliche Ofen von 0,65 m Höhe, 1,75 m Breite und 3,65 m Länge durch 20 mm weite schmiedeeiserne, an beiden Enden zugeschweifste Röhren von 4 mm Wandstärke geheizt wird, in welch' letzteren die etwa $^1/_3$ des Röhreninhaltes betragende Wassermenge durch die Erhitzung der Röhren sich in gespannten Dampf verwandelt. Diese Röhren liegen sowohl am Boden, als auch unter der Decke des Ofens durch die ganze Länge desselben in einer Anzahl von je 30 Stück; sie treten mit ihrem einen Ende in den hinter dem Ofen befindlichen Feuerraum um etwa 10 cm hinein und werden hier erhitzt. (Ein tieferes Hineintreten der Röhren führt erfahrungsmäfsig zu einer schädlichen Ueberhitzung des Ofens).

Zwischen den Wasserröhren liegt das zu backende Brod auf einem eisernen Wagen, der sich auf einem Geleis bewegt, welches vor dem Ofen auf eisernen Böcken soweit fortgeführt ist, dafs der Wagen auf ihm in seiner ganzen Länge herausgezogen werden kann, um be- und entladen zu werden.

Die zum Backen erforderliche Hitze im Innern des Ofens, welche 200 bis 210° R. betragen mufs, wird durch ein an der Vorderfläche des Ofens angebrachtes Pyrometer angezeigt. Ebendaselbst befindet sich auch ein Manometer, um die in den Röhren vorhandene Dampfspannung ablesen zu können. Endlich ist vor jedem Ofen eine Controluhr (einfaches Zeigerwerk) angebracht, an welcher die Zeit des Beschickens für jeden Ofen eingestellt wird, um danach die richtige Zeit der Entleerung bestimmen zu können.

Jeder der erwähnten Wagen fafst durchschnittlich 110 Brode von je 3 kg Gewicht. Das Brod bedarf bis zum völligen Ausbacken, mit Einschlufs des Auflegens und Abnehmens, eines Zeitraumes von 2 bis $2^1/_2$ Stunden, sodafs in 24 Stunden unter Berücksichtigung unvermeidlicher Störungen etwa 9 mal gebacken werden kann. Mit jedem dieser Oefen können mithin

bei Tag- und Nachtbetrieb 990, rund 1000 Brode in 24 Stunden, folglich mit allen 8 Oefen in dieser Zeit 8000 Brode gebacken werden, was 32000 Portionen zu 750 Gramm gleichkommt. Der Kohlenverbrauch dafür beträgt durchschnittlich 8 Ctr. Die Anlagekosten eines Ofens mit allem Zubehör haben sich auf 3750 ℳ. berechnet.

Auch die Teig-Knetmaschine ist nach Wieghorst'schem System gebaut und von diesem Fabrikanten geliefert worden. Dieselbe hat ihren Stand im Backraume vor der mittleren Langwand erhalten und besteht aus einem feststehenden, auf dem Fundamente gehörig verankerten Bottich aus Eisenblech von 2,0 m Durchmesser und 0,6 m Höhe, an dessen Umfange sich, durch Zahnräder von oben her getrieben, ein zweiarmiger, um seine senkrechte Achse, gleichzeitig aber auch um die, im Mittelpunkte des Bottichs aufgestellte Säule im Kreise drehbarer Rechen bewegt, welcher die Umrührung des Teiges bewirkt. Diese Maschine nimmt die Teigmasse zur gleichzeitigen Beschickung von 2 Wieghorst'schen Oefen (= 500 kg Mehl) auf und verarbeitet dieselbe in 12 bis 15 Minuten.

Neben der Teig-Knetmaschine ist eine Zwiebacksbrake aufgestellt, welche dazu dient, den nicht verwendeten Zwieback vor einer neuen Verbackung zu kneten. Die Vorrichtung besteht aus einem kreisrunden gufseisernen Bottich von 1,0 m Durchmesser und 0,25 m Höhe, auf dessen Boden concentrische Ringwellen sich befinden. Längs dem Umfange des Bottichs wälzt sich eine schwere gufseiserne Walze herum, deren wellenförmige Furchen, mit denen sie auf ihrer Oberfläche versehen ist, beim drückenden und schiebenden Kneten des Teiges mit den vorgenannten Ringwellen auf der Bodenfläche des Bottichs in Beziehung treten.

Auf dem Dachboden ist sodann noch eine Zwiebacksmühle nebst Brechwalze und Mehlcylinder aufgestellt, durch welche das Zerbrechen und Vermahlen des zum Umbacken bestimmten Zwiebacks bewirkt wird. Die Einrichtung gleicht derjenigen von Schrotmühlen und bedarf deshalb keiner näheren Beschreibung. Es liegt in der Absicht, neben dieser Zwiebacksmühle noch eine Schrotmühle zur Herstellung von Pferdefutterkuchen aufzustellen.

Der Motor aller genannten Maschinen, auch der Winde, ist eine, im Brodraume zum Schutz gegen Mehlstaub in einem Glasgehäuse aufgestellte 8-pferdige waagerechte Dampfmaschine, welche ihren Dampf mittels einer unterirdischen eisernen Rohrleitung aus einem besonders zu diesem Zwecke beschafften und neben den grofsen Kesseln zum Betriebe der Winden des Körnermagazins liegenden gewöhnlichen Cornwallkessel erhält. Um bei Ausbesserungen des Kessels nicht in Verlegenheit zu kommen, sind die Dampfrohrleitungen der beiden grofsen Kessel mit derjenigen des kleinen entsprechend verbunden. Die Uebertragung der Kraft von der Dampfmaschine auf die vorhin beschriebenen Arbeitsmaschinen geschieht durch Riemen.

Die Wasserversorgung der Bäckerei wird durch eine im Kesselhause neben dem Körnermagazin befindliche Dampfpumpe vermittelt. Von dieser wird das Wasser aus dem Brunnen gehoben und durch ein 50 mm weites eisernes Rohr unterirdisch in das Bäckereigebäude befördert. Hier steigt es an der östlichen Giebelmauer zu dem über dem Gewölbe des Treppenraumes aufgestellten Kaltwasserbehälter von 7500 Liter Inhalt empor, welcher zur Verhütung des Einfrierens mit einer Dampfschlange und einer starken Umhüllung von schlechten Wärmeleitern versehen ist. Das von hier ausgehende Fallrohr von 40 mm Weite führt zunächst zu dem, an der mittleren Langwand im Backraume auf 3 eisernen Consolen angebrachten Warmwasserbehälter von 900 Liter Inhalt, welcher, wie der grofse Behälter, durch eine Dampfschlange erwärmt wird. Von hier geht die Kaltwasserleitung weiter zu den an den Wänden des Backraums aufgestellten Backtrögen, zu welchen neben dem Kaltwasserrohre auch eine vom Warmwasserbehälter ausgehende Warmwasserleitung führt; beide vereinigen sich über je 2 der Backtröge in einem an der Wand angebrachten Mischgefäfse aus Eisenblech. Der Zweck dieses letzteren ist, das Wasser genau zu dem Wärmegrad mischen zu können, welcher für das Säuren erforderlich ist; das so angewärmte Wasser wird dann durch kurze Rohrleitungen und Schraubarme den paarweise aufgestellten Backtrögen, von denen einige von Eisenblech mit gufseisernen Kopfstücken hergestellt sind, zugeführt.

Der tägliche Wasserverbrauch bei dem oben bezeichneten vollen Betriebe der Bäckerei ist ein ziemlich erheblicher, er beträgt bei einer Herstellung von 8000 Broden für die dazu erforderlichen rd. 17500 kg Mehl 12,25 cbm Wasser (0,7 Liter auf das Kilogr.); fast die gleiche Menge ist auf Verdunsten, Verlust und zum Reinigen zu rechnen, sodafs sich ein täglicher Wasserverbrauch von 24 bis 25 cbm herausstellt.

Das verbrauchte Wasser wird in das Canalnetz abgeführt, welches die Abwässer der ganzen Proviantamts-Anlage in den städtischen Canal des Misburgerdammes leitet.

Die Baukosten der einzelnen Gebäudetheile sind nachstehend zusammengestellt.

Bezeichnung der Bautheile.	Gesamtkosten ℳ	Bebaute Grundfläche qm	Kosten für 1 qm Grundfläche ℳ	Cubischer Inhalt der Gebäude cbm	Kosten für 1 cbm des Baues ℳ
Das Bäckereigebäude mit Ausschlufs des Anbaues für die Backöfen, jedoch einschliefslich der Maschinen-Einrichtungen (16000 ℳ)	81200	470	173	4793	17
Das Dienstwohngebäude mit Casernement der Bäcker . .	28700	144	199	1597	18
Der Anbau mit 8 Wieghorstschen Backöfen	40700	180	226	733	55
4 Schornsteine für je 2 Backöfen	1800	—	—	Höhe jedes Schornsteins 18 m	für 1 Höhenmeter 25 ℳ
Die Abortanlagen für die Bäckerei und das Dienstwohngebäude	1400	15	93	73	19

Demnach Baukosten der aufgeführten Bautheile: . 153800 ℳ.
Hierzu: der Kohlenschuppen, zur Hälfte für den Bedarf der grofsen Kessel für das Körnermagazin dienend, bei 99 qm Grundfläche . . . . 5700 ℳ.
für die Bearbeitung der Entwürfe, sowie für Bauleitung . . . . 9100 ℳ.
Mithin Summe der Baukosten der Gesamtanlage 168600 ℳ.

Der Adlerthurm in Rüdesheim.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 9 im Atlas.)

Die Stadt Rüdesheim am Rhein, berühmt durch die herrliche Lage dicht an dem in ihrer Gegend sehr breiten Strome, durch das hochedle Gewächs, welches die Rebenberge allda spenden, und in neuester Zeit besonders viel besucht wegen des nationalen Denkmals, das weit in's Land schauend die benachbarte Höhe krönt, verdient in hohem Grade auch die Beachtung der Alterthums- und Kunstfreunde. Dies darum, weil in ihrem Bezirk eine Anzahl der interessantesten mittelalterlichen Wehrbauten sich auf unsere Zeit gerettet haben. Drei Burgen, die im wesentlichen noch aus dem 12. Jahrhundert stammende Niederburg, am unteren Ende des Orts gelegen, die oberhalb derselben, einige hundert Schritte landeinwärts gelegene Mittelburg und die im Orte selbst nächst dem Markte sich erhebende Vorderburg, sind theils leidlich vollständig, theils in Resten noch erhalten. Am oberen Ende des Städtchens aber nimmt die Blicke des auf den Rheinschiffen einherziehenden Fremden fast am meisten gefangen ein prächtiger Stadtthurm, der Adlerthurm genannt. Ihm sind die folgenden Zeilen gewidmet, zu deren Veranschaulichung die Darstellungen auf Blatt 9 im Atlas dieser Zeitschrift dienen sollen.

Der Adlerthurm ist der einzige Ueberrest, der von der eigentlichen Stadtbefestigung auf uns gekommen ist. Wie bei allen rheinischen Städten und Städtchen durfte auch in Rüdesheim ein stattlicher Thurm an der Wasserseite nicht fehlen. Er nimmt die östliche Ecke der Mauerumschliefsung ein und ist wie die meisten Eckthürme rund. Er hat mit allen echten mittelalterlichen Thürmen das gemein, dafs seine Ausschmückung durch Zweckrücksichten geleitet ist und daher auch den verständigen Beschauer voll befriedigt. Mit einem äufseren Durchmesser von 6 m und einer Mauerstärke von nur 1 m steigt er in 5 Stockwerken 17 m hoch auf, oben gekrönt durch einen Bogenfries, welcher die Zinnen und vier Wichhäuser trägt, in Mitten deren, wie Merian 1645 dies noch darstellt, sich ein etwa 8 m hoher Helm erhob. Unten ist er, im Anschlufs an die alte Stadtmauer, umgeben von einem Zwinger, welcher, ehe das Ufer so breit und hoch wie jetzt angeschüttet war, unmittelbar vom Rheinspiegel 6 bis 7 m hoch aufstieg und so das Gestade vor dem Städtchen abschlofs.

Die Zwingermauer besteht aus zwei Stockwerken; das untere, mit Bogenblenden und runden Falkonetscharten versehen, trägt den 50 cm breiten Wehrgang hinter den mittels einer Hohlkehle ausgekragten Zinnen. Diese halten sich in den gewöhnlichen Abmessungen, haben steil abgeschrägte Sohlen und Dächer und sind mit den dem 15. Jahrhundert eigenen Leisten umgeben; derselben Zeit gehören auch die Schlüsselloch-Scharten, welche eine um die andere Wimberge durchbrechen, sowie die Anwendung von Mauerziegeln in der Bekrönung an. Ueber dem unteren Stockwerk, dem Verliefs, wölbt sich eine Kuppel mit Einsteigeloch; das dritte und vierte Stockwerk ist durch Balkenböden, das oberste, der Zinnenstock, durch ein Kuppelgewölbe mit Rippen getragen. Die Verbindung zwischen den Stockwerken fand durch Holztreppen oder Leitern statt, da die Mauerstärke keine Treppen in ihrer Dicke gestattete; die Mauerstärke aber ist eine so geringe, weil die Umgebung des Thurmes, der Rhein und sein flaches Ufer das Auffahren von Geschützen ausschlofs, und das Ansetzen von Minen oder von Sturmböcken durch den Zwingermantel unmöglich gemacht ward. Zwischen dem dritten und vierten Stock treten 8 Tragsteine nach aufsen vor, um flachen Stichbogen als Ansätze zu dienen, scheinbar, als ob der runde Thurm zum Achteck gestaltet werden sollte; doch wird dasselbe nicht senkrecht aufgeführt, sondern seine Seiten werden sogleich wieder beigezogen, sodafs der Thurm kaum anderthalb Meter über den Tragsteinen wieder rund weiter aufsteigt.

Durch den Rundbogenfries, welcher, mit Kehlen gegliedert und mit Nasen besetzt, ein reiches Ansehen gewährt, und vor welchem vier sechseckige Wichhäuser sich noch weiter vorlehnen, gewinnt der Thurm den allerdings durch das Fehlen des Dachkegels beeinträchtigten Abschlufs. Und doch ist diese reiche Bekrönung mit geringen Mitteln erreicht, da nur die Tragsteine und Friesbögen von rothem Sandstein, alles übrige verputzter Ziegelbau ist. Die Zinnen und Wichhäuser, mit ihren Streben, Gesimsen, Spitzbogenfenstern und Zierzinnen sind auf einer Ziegelunterlage sehr sauber mit kiesreichem Mörtel verputzt und in Rundstäben und Hohlkehlen scharf ausgezogen, und haben sich, seit der Erbauung, also etwa 400 Jahre lang Wind und Wetter ausgesetzt, untadelhaft erhalten. Ob der hydraulische, sogenannte schwarze Kalk von Bingerbrück dazu verwandt worden, ist sehr fraglich, gewifs aber hat zum Gelingen der Arbeit beigetragen der scharfe, kiesige Sand, welcher hier aus dem Rhein geschöpft wird und zumal in Berührung mit Eisen, aber auch sonst, man möchte sagen: durch seine Kieselfeuchtigkeit, zur Bildung von Concretionen geneigt ist, und man mufs zugestehen, dafs er die verrufene Verputzarchitektur hier zu Ehren gebracht und gezeigt hat, wie schön und dauerhaft auch mit geringen Mitteln im mittelalterlichen Stil gebaut werden kann.

v. Cohausen.

Der Kaiser Wilhelm-Tunnel bei Cochem a. d. Mosel.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 10 bis 13 im Atlas.)

Lage und geognostische Verhältnisse.

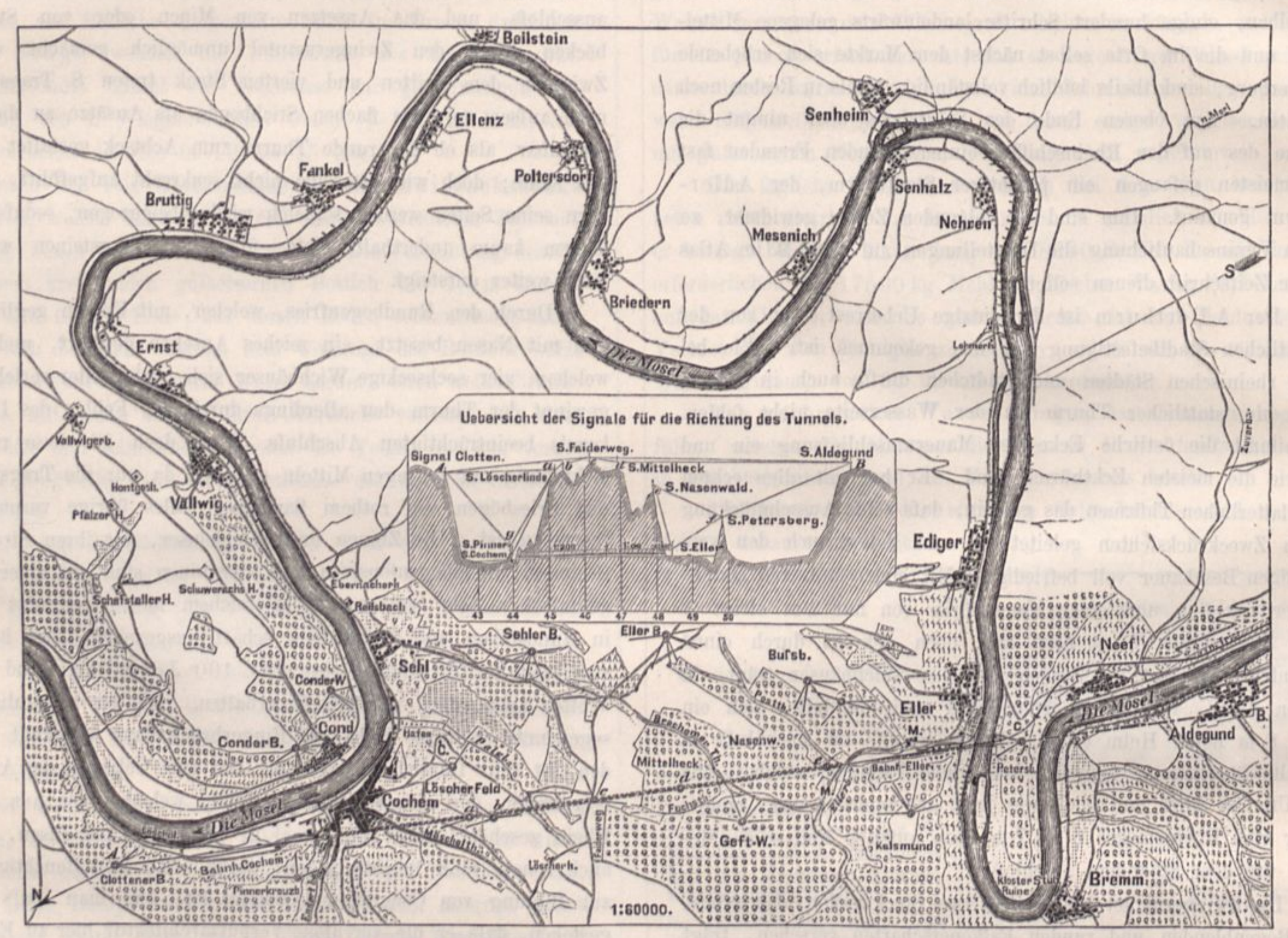
Der von Mitte 1874 bis Ende 1877 im Zuge der Moselbahn erbaute Kaiser Wilhelm-Tunnel durchschneidet zwischen Coblenz und Trier bei der Kreisstadt Cochem einen von der Mosel umflossenen, sich weit nach Osten vorschiebenden Gebirgsvorsprung, den sogenannten Cochemer Krampen, und zwar an einer Stelle, an welcher dieser zwischen den von den Höhen der Eifel in das Moselthal sich herabwindenden beiden Seitenthälern des Endert- und des Ellerbachs rd. 4000 m breit ist, während die an den Windungen der Mosel entlang um den Krampen führende Strafse eine Länge von 22000 m hat, also diejenige der Tunnellinie mehr als fünf mal übertrifft. Genau

mifst der Tunnel 4204,75 lfd. m; diese Länge wird von keinem der Tunnel Deutschlands erreicht und von nur wenigen Eisenbahntunneln in Europa übertroffen. Der Tunnel erstreckt sich in gerader Richtung von NNO nach SSW; der Ausschlagwinkel gegen die Nordlinie beträgt 20 °. Was die Steigungsverhältnisse betrifft, so folgen in der Richtung Coblenz-Trier zunächst 2572 m steigend 1 : 200, dann 1300 m waagerecht, endlich 332,75 m steigend 1 : 300.

Das durchörterte Gestein gehört zu den Coblenz-Schichten des rheinischen Unter-Devon-Gebirges. Zwar vollzieht sich vom Rheinthal an moselaufwärts allmählich eine bedeutende Veränderung in den Gebirgsverhältnissen, sowohl in Bezug auf das Streichen und Einfallen der Schichten, als auch bezüglich der Gesteinsarten; nichts destoweniger ist aus dem allgemeinen Verhalten, aus dem ungestörten Zusammenhange, dann aber auch aus den, freilich nur wenigen, aufgefundenen organischen Resten (z. B. Pleurodictyon problematicum, Spirifer macropterus, Avicula bifida, Chonetes, Strophomena, verschiedene Crinoiden-Stielstücken u. s. w.) mit Sicherheit zu erkennen, dafs das von der Moselbahn durchschnittene Gestein von Coblenz bis Alf und im Alfthale hinauf bis Bengel den sogenannten Coblenzschichten angehört.

Das durch den Kaiser Wilhelm-Tunnel im Innersten des Berges aufgeschlossene Gestein bestand aus abwechselnden Grau-

Uebersichtskarte für den im Zuge der Moselbahn gelegenen Kaiser Wilhelm-Tunnel.



In der Uebersichtskarte bezeichnet:
b. oder B. berg bezw. Berg. ba. oder Ba. bach bezw. Bach. C. Capelle. M. Mühle. pl. platz. h. — H. hof — Hof. w. — W. wald — Wald. th. oder Th. thal bezw. Thal.

wacken- und Thonschieferschichten, welche Uebergänge bis zum entschiedenen bituminösen Thonschiefer zeigten. Die Mächtigkeit der Schichten war eine sehr verschiedene, indem die Lagen von der Stärke einer Degenklinge bis zu 1 Meter Mächtigkeit miteinander wechselten, ohne in der Reihenfolge irgend eine Regelmäfsigkeit erkennen zu lassen, wogegen die Schichten in ihrer Lagerung einem entschieden ausgeprägten Parallelismus folgten. Das Streichen der Schichten ging von NO nach SW und zwar fielen dieselben unter einem Winkel von durchschnittlich 50 ° nordwestlich ein. Verwerfungen und Sattelbildungen waren im ganzen an wenigen Stellen vorhanden; die Störungen in den allgemeinen Gebirgsverhältnissen bestanden meistens in gröfseren oder kleineren Contractionsspalten, die mit Quarzabsonderungen und zersetztem Schiefer ausgefüllt waren. In der Nähe solcher Spalten war das Gebirge immer mehr oder weniger gebräch. An vielen Stellen fanden sich statt einer gröfseren viele kleine Spalten, welche in ihrem netzförmigen Auftreten das Gebirge auf längere Strecken (bis zu 30 m) druckhaft und äufserst unsicher machten.

Gröfsere Störungen in den allgemeinen Gebirgsverhältnissen zeigten sich in der Nähe des nördlichen Tunneleinganges und zwar unmittelbar hinter der Stadt Cochem. Hier wurden zwei mit Diluvial-Gebilden ausgefüllte Erosionsthäler in der Länge von 65 m bezw. 85 m durchfahren, und es war dieses Gebirge, aus Thon- und Schiefertrümmern bestehend und mit vielen wasserführenden Sandadern und Sandlagern durchzogen, für den

Bau so ungünstig, dafs eine von der allgemeinen Ausführungsweise erheblich abweichende gewählt wurde, über welche an passender Stelle Näheres mitgetheilt werden soll.

Ueber die Bauausführung im allgemeinen.

Da die Verwaltung der Ansicht war, dafs sie bei einem so wichtigen und für das Ingenieurwesen so lehrreichen Bau in Bezug auf den Bauplan und die Art der Ausführung vollständig freie Hand behalten müsse, dafs dieses aber bei Vergebung an einen Unternehmer durch die Vertragsbedingungen mit genügender Sicherheit nicht zu erreichen sei, entschlofs sie sich, die Arbeiten theils in eigenem Betriebe, theils auf Grund kleiner Verträge zur Ausführung zu bringen. Demgemäfs wurden alle diejenigen Einrichtungen, welche für den Gesamtbau oder für einen wichtigen Theil desselben von besonderer Bedeutung waren, seitens der Verwaltung getroffen. Ingleichen wurden die gesamten Maschinen-Anlagen für den Bohrmaschinenbetrieb und für die Lufterneuerung, die für die Förderung nöthigen Locomotiven, Wagen und Schienengeleise, ferner die Lehrbögen für die Maurerarbeiten verwaltungsseitig beschafft, auch auf beiden Tunnelseiten an der Mosel Löschplätze hergestellt, mit Schienengeleisen, Dampf- und Handkrahnen versehen und mit den Tunnelfördergeleisen durch Zufahrtsrampen so in Verbindung gebracht, dafs ein Locomotivbetrieb zwischen diesen Löschplätzen und den vor dem Tunnel befindlichen Aufstellgeleisen und Lagerplätzen möglich war. Auf diesen Löschplätzen, welche auf der Uebersichtskarte angedeutet sind, wurden die ebenfalls verwaltungsseitig beschafften und mit geringer Ausnahme auf Schiffen angefahrenen Maurermaterialien, Steinkohlen, Bauge-räthe, Maschinen u. s. w. vermittelst Krahne aus den Schiffen in die Tunnelförderwagen verladen und in den Tunnel oder nach den verschiedenen Lagerplätzen verfahren.

Ebenso ist der Vortrieb des Sohlstollens mittels Bohrmaschinen, sowie der Betrieb der Werkstätten seitens der Verwaltung bewirkt worden. Dagegen wurde anfangs die Ausführung der Vollausbruchs- und Maurerarbeiten verschiedenen Unternehmern auf Grund kleiner Verträge überlassen.

Im November 1876, also zu der Zeit, als der Bau im geregelten Betriebe sich befand, die verschiedenen Arbeiten somit in bestimmter Reihenfolge nach dem Bauplane sich wiederholten, wurden die Vollausbruchs- und Maurerarbeiten im öffentlichen Verding vergeben, die übrigen Arbeiten jedoch nach wie vor seitens der Verwaltung ausgeführt.

Wahl des Bausystems.

Die Frage über das für den Bau eines Tunnels zu wählende Bausystem läfst sich nicht allgemein nach den Vor- und Nachtheilen der verschiedenen Systeme beantworten; die Entscheidung wird vielmehr nach Mafsgabe der Verschiedenheit der den Bau beeinflussenden Verhältnisse auch eine verschiedene sein müssen. Insonderheit werden bei kleineren Tunneln mit verhältnifsmäfsig langer Bauzeit Erwägungen den Ausschlag zu geben haben, denen bei langen Tunneln nur eine untergeordnete Bedeutung zugestanden werden kann. Bei letzteren tritt gewöhnlich die Frage der Zeitdauer in den Vordergrund, und diese gestattet es nicht, dem Kostenpunkte eine gleich grofse Berücksichtigung zu Theil werden zu lassen, wie bei kürzeren Tunneln. Man wird daher bei langen Tunneln in der Wahl des Systems im allgemeinen viel mehr eingeschränkt sein, als bei kurzen, bei denen nicht allein zu untersuchen ist, ob man sein Ziel besser bei einem Firststollen oder mit einem Sohlstollen erreicht, sondern bei denen auch unter Umständen die Frage ihre Berechtigung hat, ob überhaupt ein Stollen erforderlich und ob nicht die terrassenförmige Herstellung des Vollausbruchs ohne Stollen oder die belgische Baumethode mit oder ohne Sohlstollen empfehlenswerth sei.

Bei langen Tunneln mufs der Zeitfrage wegen mit thunlichster Beschleunigung ein Stollen aufgefahren werden, welcher für die übrigen Arbeiten viele Angriffspunkte schafft, also einen Bauplan ermöglicht, bei welchem die übrigen Arbeiten an so vielen Stellen in Angriff genommen werden können, als zur Einhaltung der festgesetzten Vollendungszeit erforderlich erscheint. Die Anzahl dieser Angriffspunkte darf mit Rücksicht auf die Förderung der Ausbruchsmassen und der Materialien eine gewisse Grenze nicht überschreiten. Denn falls es nicht möglich ist, immer rechtzeitig die gelösten Berge von den verschiedenen Arbeitsstellen zu entfernen, das für die Verzimmerung erforderliche Holz und die nöthigen Mauermaterialien durchaus regelmäfsig und dem Bedarf entsprechend herbeizuschaffen, ist der Betrieb in der empfindlichsten Weise gestört, und jede Störung ist bei einem solchen Bau mit vielen üblen Folgen verbunden. Abgesehen nämlich von den durch die gestörte Förderung bedingten Verlusten an Zeit und Geld, ist es Thatsache, dafs kein Umstand den Häuer so sehr entmuthigt, als wenn ihn die aufgehäuften Berge am weiteren Schaffen hindern, dafs der Maurer verdriefslich Hammer und Kelle fortlegt, wenn die passenden Steine fehlen, und dafs das häufige Wiederkehren derartiger Verhältnisse auf die ganze Belegschaft höchst ungünstig einwirkt.

Besonders bei langen Tunneln besteht daher eine der wichtigsten Aufgaben in der Sicherung der regelmäfsigen Förderung. Hierbei ist zunächst die Lage und Gröfse des Stollens von Wichtigkeit, weil dieser die eigentliche Verkehrs- und Lebensader des ganzen Baues bildet. Die Frage, ob der First- oder ob der Sohlstollen diese Haupt-Lebensader sein solle, ist somit von der hervorragendsten Bedeutung.

Im vorliegenden Falle entschied man sich zu Gunsten des Sohlstollens. Denn dieser gestattet, an beliebigen Stellen die übrigen Tunnelarbeiten in Angriff zu nehmen, ermöglicht die Herstellung eines während des ganzen Baues in seiner Lage, auf der Tunnelsohle verbleibenden guten Fördergeleises und läfst auf geschütztem Wege eine ungestörte Förderung zu, weil die meisten Arbeiten ausgeführt werden können, ohne den Verkehr im Sohlstollen zu beeinträchtigen. Das Durchschlitzen der Stollendecke, das Entfernen der beiden seitlichen Stöfse und das Setzen der Hauptstempel der Zimmerung sind diejenigen Arbeiten, die in unmittelbarer Nähe des Stollens zur Ausführung gelangen, immer aber bequem so eingerichtet werden können, dafs die Förderung keine Störung erleidet. Die Arbeiten zur Herstellung des Oberschnittes, der wesentlichste Theil der Zimmerung und der Maurerarbeiten lassen den Verkehr im Sohlstollen ungestört. Die meisten Arbeitsstellen, an denen die Ausbruchsarbeiten in der Ausführung sich befinden, sind vom Sohlstollen aus kaum wahrzunehmen. Bei einem Bau mit Firststollenbetrieb dagegen, wo dieser, bezw. das Bogenort, die Hauptverkehrsstrafse bildet, nimmt man beim Durchfahren unmittelbar neben und unter sich alle Arbeitsstellen und sämtliche Arbeiter wahr, was schon zu der Schlufsfolgerung berechtigt, dafs die auf demselben Wege

zu bewirkende Förderung sicherlich viele Störungen sowohl ausüben als erleiden mufs.

Ein nicht geringer Vorzug liegt ferner darin, dafs in dem Fördergeleise scharfe Krümmungen und starke Steigungen oder andere die Förderung erschwerende Anlagen vermieden werden können, wie solche bei der Förderung im Firststollen und beim Uebergange derselben zur Sohle des fertigen Tunnels unvermeidlich sind. Sodann ist beim Sohlstollenbetrieb die Länge der im Bau befindlichen Strecke immer eine verhältnifsmäfsig kurze, und der regelmäfsig und rasch nachfolgende fertige Theil des Tunnels läfst den geordnetsten Verkehr mit Locomotivbetrieb und Weichenanlagen zu, was beim Firststollenbetriebe wohl kaum im gleichen Grade erreicht werden kann. Endlich sprach im vorliegenden Falle auch der Vorzug der besseren Wasserabführung zu Gunsten des Sohlstollenbetriebes.

Was nun den oft erhobenen Einwand betrifft, dafs die Lufterneuerung in den Aufbrüchen beim Sohlstollenbetriebe in langen Tunneln eine mangelhafte sei, so hat sich derselbe beim Bau des Kaiser Wilhelm-Tunnels nicht als zutreffend erwiesen. Denn da der Firststollen bei längeren Tunneln unter allen Umständen aufgefahren werden mufs, so liegt es nahe, der allerdings höchst wichtigen Lufterneuerung wegen den Firststollen, dem Fortschritte der Vollausbruchsarbeiten entsprechend, so flott zu betreiben, dafs letztere nur auf den Strecken zur Ausführung gelangen, wo der Firststollen bereits durchschlägig ist. Dieses läfst sich dadurch erreichen, dafs, falls der Sohlstollen mit Bohrmaschinen vorgetrieben wird, auch zum Vortreiben des Firststollens Bohrmaschinen verwendet werden, der Firststollen also dem Sohlstollenort unmittelbar folgt, oder dafs, wie hier geschehen, vom Sohlstollen aus in entsprechenden Zwischenräumen Aufbrüche gemacht werden, von denen aus der Firststollen an so vielen Oertern von Hand betrieben wird, dafs der Gesamtfortschritt desselben dem Fortschritte des Sohlstollens entspricht.

Der Umstand endlich, dafs das Vortreiben zweier Stollen die Baukosten steigert, kann wegen der grofsen anderweitigen Vortheile bei langen Tunneln nicht in Betracht kommen.

Die Weite des Stollens wurde verhältnifsmäfsig grofs angenommen, nämlich zu 3,5 m; denn mit Rücksicht auf die langen Strecken, auf denen die Tunnel-Ausbruchsmassen sowohl, als auch die gröfstentheils mit Schiffen ankommenden Baumaterialien gefahren werden mufsten, entschlofs man sich, grofse Förderwagen und normalspurige Tenderlocomotiven zur Anwendung zu bringen. Aufser dem dadurch bedingten normalspurigen Fördergeleise mufsten noch zwei Rohrleitungen, nämlich die Rohrleitung von 130 mm Durchmesser für die Luft zum Betriebe der Bohrmaschinen und die Lüftungsleitung (aus Eisenblech) von 400 mm lichtem Durchmesser, untergebracht werden. Hiernach ergab sich bereits eine so erhebliche Breite, dafs für die Tunnelzimmerung durch eine geringe weitere Vergröfserung der Stollenbreite ein wesentlicher Vortheil erzielt werden konnte. Wird nämlich der Stollen so breit gemacht, dafs (nach dem Durchschlitzen der Stollendecke) die Hauptstempel des österreichischen Bockgerüstes gestellt werden können, ohne dafs es nöthig wird, an den beiderseitigen Stöfsen eine Erweiterung vorzunehmen, so werden nicht allein die verhältnifsmäfsig erheblichen Kosten für das nachherige Erweitern einzelner Stellen erspart, sondern es wird auch der Vortheil erreicht, dafs das Setzen der Hauptstempel rasch und ohne Beeinträchtigung des Verkehrs im Sohlstollen erfolgen kann. Freilich wurden durch den grofsen Querschnitt die Kosten für den Stollen selbst gesteigert, indefs kann dieser Nachtheil nur gering angeschlagen werden, da die gröfsere Breite von 3,5 m, wie durch verschiedene Versuche dargethan, kaum mehr Bohrlöcher und Dynamit erforderte, als eine Breite von 3 m. Der Fortschritt der Stollenarbeit wurde allerdings nicht unerheblich beeinträchtigt, weil das Schuttern (das Forträumen der gelösten Berge) eine entsprechend längere Zeit beanspruchte, dann aber auch, weil die gröfsere Breite stellenweise eine stärkere und raschere Verzimmerung des Stollens bedingte; dagegen genügte der Stollenfortschritt, um seinen Zweck, die Schaffung genügender Angriffspunkte für die übrigen Arbeiten, im vollsten Mafse zu erfüllen. Somit lag kein Grund vor, durch Verminderung der Stollenbreite zu Gunsten eines rascheren Fortschritts auf die hervorgehobenen Vortheile zu verzichten.

Nunmehr erübrigte noch die Entscheidung über die Frage, ob es zweckmäfsiger sei, den Vollausbruch im ganzen Querschnitt auszuführen und dann das Mauerwerk (mit den Widerlagern beginnend) herzustellen, oder wie beim belgischen System das Bogenort zunächst auszubrechen, das Gewölbe einzuspannen und die Widerlager später nach Entfernung der beiderseitigen Stöfse aufzumauern.

Hegt man bei dem belgischen System bezüglich des nachherigen Unterfangens des Gewölbes keinerlei Bedenken, gestatten also die Gebirgsverhältnisse, dieses Unterfangen ohne Gefahr und so dicht anschliefsend auszuführen, dafs das fertige Tunnelmauerwerk dieselbe Haltbarkeit besitzt, wie das von unten nach oben zu ausgeführte, so bietet diese Art der belgischen Bauweise in Verbindung mit der Sohlstollenförderung gewifs wesentliche Vortheile. Die gröfsere Sicherheit infolge Verkleinerung des aufgeschlossenen Querschnittes, der verhältnifsmäfsig geringe Holzverbrauch, die bequeme Herstellung des Gewölbemauerwerks und, was sehr ins Gewicht fällt, die vollständigste Trennung dieser Arbeiten von dem Verkehr im Sohlstollen, also möglichst grofse Sicherheit für einen ungestörten Betrieb, sprechen sehr beredt für diesen Bauvorgang.

Nichtsdestoweniger wurde auf diese Vortheile mit Rücksicht auf die vorliegenden Gebirgsverhältnisse verzichtet. Denn abgesehen davon, dafs, wie früher angeführt, längere sehr druckhafte Strecken aufgeschlossen wurden, für welche die in Frage stehende Bauweise ein grofser Fehlgriff gewesen wäre, war das Streichen von NO nach SW und das steile Einfallen nach NW insofern äufserst ungünstig und bei Anwendung der belgischen Bauweise gefährlich, als auf der linken Seite (in der Richtung Coblenz-Trier gesehen) dem Gewölbe kein genügend sicherer Fufspunkt gegeben werden konnte. Beim Fortschiefsen des linken Stofses stand nämlich ein Weichen der steil nach rechts einfallenden Schichten, denen der Fufs abgeschnitten war, zu befürchten, und diese Befürchtung wuchs beim weiteren Nachschiefsen, welches zur Gewinnung des Raumes für die Widerlager die stützenden Schichten bis zur Hinterkante des fertigen Gewölbes entfernte. Auch wenn diese Arbeiten mit besonderer Vorsicht (also unter gröfserem Kostenaufwande) zur Ausführung gelangten, waren Gefahren doch keineswegs ausgeschlossen, zumal, wie früher geschildert, die vielen bald hier, bald dort auftretenden gröfseren und kleineren Quarzgänge den linken Stofs so unsicher machten, dafs dieser oft kräftig verbaut und abgestrebt werden mufste. An einigen Stellen erfolgte auf der linken

Seite eine nicht unbedeutende Verdrückung sogar des fertigen Mauerwerkes als Folge eines Seitenschubes, der ein nach der belgischen Weise hergestelltes Tunnelmauerwerk vielleicht zerstört haben würde. Denn es dürfte wohl nicht zu bestreiten sein, dafs, wenn zunächst das Gewölbe und, nachdem dieses sich vollständig gesetzt und zu einem Ganzen vereinigt hat, das Widerlager zur Ausführung gelangt, niemals ein so einheitliches, gegen seitliche Kräfte widerstandsfähiges Mauerwerk erzielt wird, als wenn zunächst das Widerlager und dann auf diesem das Gewölbe sich aufbaut. Bei letzterer Entstehungsart bildet auch die Hälfte des Tunnelmauerwerks vom Fundament bis zum Scheitel ein gleichmäfsiges, gegen Seitenschub widerstandsfähiges Gewölbe, wogegen bei der Ausführung nach dem belgischen Verfahren die Verbindung zwischen Widerlager und Gewölbe häufig keine innige ist und kein Mauerwerk entsteht, welches, als ein Ganzes wirkend, das Herausdrücken eines einzelnen Theiles verhindert. An sehr vielen Stellen wird ein solches Widerlager nichts anderes als eine Verblendung der Stöfse sein, welche das Verwittern und das Ausbröckeln des Gesteins verhindert und seinen Zweck vollständig erfüllt, falls kein Seitendruck vorhanden ist. Entwickelt sich aber ein solcher, so ist das Mauerwerk als gefährdet anzusehen.

Wenn auch viele und lange Strecken aufgeschlossen wurden, in denen ein späterer Seitenschub nicht im entferntesten zu befürchten war, so mufste es doch bedenklich erscheinen, auf diesen Strecken einen Betrieb anzuwenden, welcher nicht allgemein durchzuführen war, weil die dabei zu gewärtigende Kostenersparnifs keinen Ersatz bieten konnte für die Nachtheile, welche ein mehrfacher Betriebswechsel, also die Störung der Gleichmäfsigkeit des Betriebes im Gefolge gehabt hätte. Die Regelmäfsigkeit in der Aufeinanderfolge der verschiedenen Leistungen (Stollen, Bogenort, Schwellenvorbruch, Vollausbruch, Mauerung) an den einzelnen Arbeitsstellen verdient bei einem grofsen Bau eine besondere Berücksichtigung, weil die Belegschaften den ihnen besonders zusagenden und in hohem Grade geläufigen Arbeiten bei einer Störung in der Einheitlichkeit des Betriebes nothwendigerweise eine Zeit lang entzogen werden.

Die Maschinen-Anlagen.

Die hauptsächlich zum Betriebe der Gesteinsbohrmaschinen ausgeführten Anlagen sind auf Blatt 10 im Grundplan angedeutet. Die betreffende Darstellung zeigt die Anlage auf der Nordseite. Die Anlage auf der Südseite weicht nur in Bezug auf die durch die örtlichen Verhältnisse bedingte Gruppirung der verschiedenen Maschinen, Schuppen u. s. w. unerheblich von der gezeichneten ab.

Auf jeder Tunnelseite befanden sich:

a) 2 Compressionsmaschinen (Fig. 1 u. 2 auf Blatt 11) mit Dampfcylinder von 640 mm Durchmesser, 1500 mm Hub und doppelt wirkender Luftpumpe von 500 mm Plunger-Durchmesser. Die Maschine prefste die Luft bis auf 5 Atmosphären Spannung, arbeitete mit $^2/_8$, $^3/_8$ und $^4/_8$, im Mittel mit $^3/_8$ Füllung. Bei dem Querschnitt von 0,2 qm und dem Hube von 1,5 m entsprach ein Plungerhub 0,3 cbm; die doppelt wirkende Maschine sog also bei jedem Gange 0,6 cbm Luft ein, welche, eine Spannung von nur 0,8 Atm. zeigend, 0,48 cbm atmosphärischer Luft entsprach und bis auf 0,096 cbm von 5 Atm. Spannung geprefst wurde. Die mittlere Anzahl Umgänge in der Minute betrug 20, sodafs die Maschine bei vollem Gange 115 cbm Luft von 5 Atm. Spannung in der Stunde leistete. Beide Compressionsmaschinen machten in den letzten Monaten der Bohrarbeiten zusammen durchschnittlich 38000 Umgänge täglich, in welchen 18240 cbm atmosphärische Luft auf 3648 cbm Luft von 5 Atm. Spannung geprefst wurden.

b) 1 Luftsammler (Blatt 10), welcher als Kessel von 10 m Länge und 2 m Durchmesser die geprefste Luft aufnahm; diese wurde durch die mit dem Luftsammler in Verbindung stehende Rohrleitung in den Tunnel geführt;

c) die Kesselanlage, bestehend aus zwei Siederkesseln und einem Cornwallkessel von zusammen 160 qm Heizfläche. Jeder Siederkessel hatte bei 8 m Länge einen Durchmesser von 1 m, zwei Sieder von 0,61 m Durchmesser und eine Heizfläche von 40 qm, der Cornwallkessel bei 7 m Länge 2,2 m Durchmesser und 2 Feuerröhren, in welchen je 50 Stück gezogene Siederöhren von 100 mm Durchmesser kreuzweise eingesetzt waren; die Heizfläche betrug 80 qm. Die Kessel erzeugten Dampf von 5 Atm. Ueberdruck. Bei Beginn der Bohrarbeiten genügten 80 qm Heizfläche, später wurden 120 qm nöthig, und zum Schlusse mufste die gesamte Heizfläche von 160 qm ausgenutzt werden. Der Kohlenverbrauch belief sich für jede Tunnelseite im Jahre 1876 auf 6000 kg und im Jahre 1877 auf 12000 kg täglich;

d) die Werkstätte mit einer Zwillings-Bockmaschine, den erforderlichen Hobel- und Drehbänken, Bohrmaschinen, Schraubstöcken u. s. w.;

e) die Schmiede mit sechs Schmiedefeuern und einem Dampfhammer.

Aufserdem waren im Maschinenraum noch zwei Roots'sche Gebläse (Fig. 4 und 5 Blatt 10) für die Tunnel-Lüftung aufgestellt. Diese Gebläse wurden von der Bockmaschine der Werkstätte durch Riemen und Seilbetrieb in Thätigkeit gesetzt, ebenso die neben der Bockmaschine stehende Pumpe. Als der Brunnen dieser Pumpe im Hochsommer kein Wasser mehr lieferte, wurde das Wasser des in der Nähe der Maschinenanlage liegenden Mühlgrabens (s. den Grundplan auf Blatt 10) für die Kesselspeisung benutzt, und zum Heraufdrücken des Wassers auf 14 m Höhe eine sehr einfache, in den Fig. 3, 4, 6 und 7 auf Blatt 11 dargestellte selbstthätige Einrichtung getroffen, welche mit geprefster Luft in folgender Weise betrieben wurde:

Einen beim Bohren entbehrlich gewordenen Spritzwasserkessel versenkte man in das Bachbett, nachdem derselbe mit einem Einlaufventil a für das Wasser, einem Druckventil b und einem Absperrhahn c für die geprefste Luft versehen war. Der letztere, ein Dreiwegehahn, wurde durch einen Schwimmer d selbstthätig geöffnet und geschlossen. Beim Absperren der Luft liefs er die im Kessel befindliche Luft ins Freie entweichen. Der Schwimmer bewegte zu diesem Behufe mittels einer Zahnstange ein Zahnrad um etwa $^3/_4$ Kreisbogen, welches vermittelst angesetzter Knaggen einen um denselben Drehpunkt beweglichen Hebel mit Gegengewicht soweit nach oben mitnahm, bis der Hebel durch seine Schwere weiter nach unten umschlug und auf diesem Wege den Hahnkegel um $^1/_4$ mitdrehte. War der Kessel entleert, die Luft ausgeblasen, so fiel das Einlaufventil a herunter, und der Kessel füllte sich mit Wasser; der Schwimmer stieg und hob durch Drehung des Zahnrades den Hebel herum. Letzterer schlug schliefslich um, und bei Drehung des Lufthahnkegels (auf demselben waren Zahnrad samt Hebel befestigt) trat die geprefste Luft auf das Wasser. Das Ein-

laufventil schlofs sich, und das Wasser wurde von dem Druck der geprefsten Luft durch die Rohrleitung zum Maschinenhause gedrückt. Beim Entweichen des Wassers sank allmählich auch der Schwimmer und bewirkte durch Drehen des Hahnes den Schlufs der Leitung, welche die geprefste Luft zuführte, und das Entweichen der im Kessel befindlichen Luft. Das Spiel begann alsdann von neuem.

Die Compressionsmaschinen drückten die geprefste Luft in den neben ihnen liegenden, unter *b* genannten Luftsammler, von welchem sie dann durch die Rohrleitung den Bohrmaschinen im Tunnel zugeführt wurde. Diese Leitung, bestehend aus gufseisernen Röhren von 3,14 m Länge und 130 mm Durchmesser, mufste bis nahe vor Stollenort geführt, also mit fortschreitendem Stollenorte stets verlängert werden. Die Verbindung zwischen dieser Leitung und dem Bohrapparat geschah durch einen kräftigen Gummischlauch, welcher mit einem Ende an die Leitung, mit dem andern an einen auf dem Bohrgestell befindlichen Cylinder *x* (vgl. Fig. 2 Blatt 10) geschraubt wurde. Dieser Cylinder hatte, entsprechend der Anzahl der auf dem Bohrgestell befindlichen Bohrmaschinen, sechs Stutzen, von welchen aus Gummischläuche die Verbindung der einzelnen Bohrmaschinen herstellten. Jeder dieser Stutzen hatte einen kleinen Hahn, vermittelst dessen die Luft abgesperrt, eine einzelne Maschine also aufser Thätigkeit gesetzt werden konnte. Ein gröfserer Hahn, mittels dessen es möglich war, mit einem Male sämtlichen Maschinen die Luft abzusperren, befand sich auf der entgegengesetzten Seite des Cylinders, am Ende der Rohrleitung.

Als Gesteinsbohrmaschine ist während der ganzen Bohrzeit mit gutem Erfolge die Ferroux-Bohrmaschine älterer Einrichtung in Thätigkeit geblieben. Obgleich diese Maschine im Laufe der Zeit von ihrem Erfinder schon manche wesentliche Verbesserungen erfahren hatte, so konnte doch von diesen für den Kaiser Wilhelm-Tunnel bei der verhältnifsmäfsig kurzen Bauzeit nur geringer Nutzen gezogen werden, da derartige Aenderungen mit unverhältnifsmäfsig grofsem Aufwande von Zeit und Geld verbunden gewesen wären. Die betreffende Maschine ist auf Blatt 11 in den Fig. 8, 9, 10, 11 und 12 dargestellt.

Die Bauausführung im besonderen.

a) Geometrische Arbeiten zur Festlegung der Tunnelachse.

Nachdem auf Grund der allgemeinen Vorarbeiten und nach genaueren geognostischen Untersuchungen die Lage des Tunnels auf dem Plane bestimmt war, wurde dieselbe örtlich festgelegt, indem man mittels des bei den allgemeinen Vorarbeiten über den Tunnelberg gelegten trigonometrischen Netzes die Punkte *a, b, c, d* (s. die Uebersichtskarte) als Punkte der Tunnelachse berechnete, einmafs und mit hohen Signalmasten versah. Von den am höchsten stehenden Signalen aus konnte eine Linie von nur 1000 m Länge übersehen werden; es war daher zur Festlegung der geraden Linie die Einrichtung von Zwischenpunkten nöthig. Um nun auch ins Thal hinein Punkte dieser geraden Linie zu übertragen, von welchen aus die Richtung für die Stollen angegeben werden konnte, erschien es zur Gewinnung längerer Richtungslinien nöthig, auf den entfernter liegenden Berghöhen Punkte aufzusuchen, von denen aus sowohl ein möglichst langes Stück der über den Tunnelberg ausgesteckten Linie, als auch tieferliegende Punkte auf beiden Tunnelseiten übersehen und eingerichtet werden konnten. Die hiernach auf der Clottener und Aldegunder Höhe ermittelten Punkte *A* und *B*, welche 11294 m von einander entfernt sind, gewährten die Möglichkeit, den gröfsten Theil der Linie über dem Berge zu übersehen und Punkte *e, f, g* nach unten zu übertragen, die dann die weitere Bestimmung der Stollenachse ermöglichten.

Auf der Nordseite wurde schon im Anfange des Jahres 1875 durch Herstellung des Felsanschnittes am Pinnerberge die Visirlinie vom Punkte *A* bis zum Tunnelmundloch frei gelegt und es dadurch ermöglicht, vom Stollen aus den Punkt *A* ins Fernrohr zu nehmen und durch Umschlagen desselben die Linie in den Stollen hinein zu verlängern.

Auf der Südseite blieb wegen des Gefällwechsels während des ersten Baujahres die Visirlinie eine verhältnifsmäfsig kurze; sie wurde erst länger, als das Tunnelmauerwerk auf einer gröfseren Strecke fertig gestellt, der freie Blick also durch den niedrigen Stollen nicht mehr eingeschränkt war.

Da besonders im Sohlstollen die Dynamitgase ein weites Visiren schwierig machten, so wurde auf der Nordseite an jedem ersten Sonntage, auf der Südseite an jedem letzten Sonntage im Monat das Sprengen im Stollen eingestellt und möglichst viel Luft in letzteren eingeblasen. Hierdurch erreichte man, dafs am Nachmittage der Stollen auf eine Länge von etwa 500 m keine störenden Dynamitgase mehr zeigte und Punkte für den weiteren Vortrieb mit genügender Sicherheit ermittelt werden konnten.

Die gröfseren Nachmessungen wurden an den drei höchsten Festtagen vorgenommen, weil an diesen Tagen die Arbeiten vollständig ruhten und am zweiten Festtage, da das Einblasen frischer Luft ohne Unterbrechung fortgesetzt wurde, auf weite Entfernungen Punkte festgelegt werden konnten. Die letzte gröfsere Nachmessung fand am Ostermontage, dem 2. April 1877 statt, wobei die früher ermittelten Punkte der Mittellinie in der Nähe des Stollenorts durch eine elektrische Batterie beleuchtet und mit dem Instrumente aus einer Entfernung von annähernd 1700 m in Bezug auf ihre Richtigkeit geprüft wurden. Die Prüfung lieferte ein so günstiges Ergebnifs, dafs für den nach kurzer Zeit bevorstehenden Durchschlag in Bezug auf die Richtung und — da auch gleichzeitig nochmals eine durchgehende Höhenmessung ausgeführt war — auch auf die richtige Höhenlage Befürchtungen nicht zu hegen waren.

Der Durchschlag im Mai 1877 ergab denn auch die erfreuliche Thatsache, dafs die beiderseitigen Richtungen nur um 8 cm von einander abwichen, die Höhenmessung aber genau übereinstimmte.

b) Herstellung des Sohlstollens.

Auf der Südseite konnte der Stollen am 15. Mai 1874, auf der Nordseite aber erst am 20. Juli desselben Jahres in Angriff genommen werden.

Da es nach Lage der örtlichen Verhältnisse nicht möglich war, die zum Vortrieb des Stollens mittels Gesteinsbohrmaschinen erforderlichen Einrichtungen vor Jahresfrist zu vollenden, so erschien es, um in dem noch für Handbetrieb verbleibenden Jahre den Stollenfortschritt möglichst zu fördern, angezeigt, auf der Nordseite an zwei passenden Stellen, nämlich 217 m bezw. 490 m vom Tunnelmundloch entfernt, Schächte abzuteufen und von diesen aus den Stollen mit Ort und Gegenort ebenfalls vorzutreiben. Da diese Schächte bis zu einer Teufe von nur 18,4 m bezw. 33 m herzustellen waren, die geförderten Schacht- und Stollenberge aufserdem in unmittelbarster Nähe in den be-

treffenden Seitenthälern abgelagert werden konnten, so empfahlen sich diese Schächte um so mehr, als das auf den ersten 500 m zu durchfahrende Gebirge nach den Schürfversuchen als unzuverlässig angesehen werden mufste, und es daher höchst wünschenswerth erschien, hinter dieser in Bezug auf Standfähigkeit und Sicherheit unzuverlässigen Strecke noch Verbindungen zu haben, welche bei unerwarteten Vorkommnissen als Rettungsschächte benutzt werden konnten. In der That hat sich die Anlage dieser Schächte nicht allein in Bezug auf den Fortschritt, sondern auch auf die Sicherheit des Betriebes als nutzbringend erwiesen, denn da auf der fraglichen Strecke wirklich Gebirge der gefährlichsten Art anstand, so hat das Bewufstsein, hinter dieser Strecke der Gefahr noch eine sichere Verbindung bis zu Tage zu haben, einen beruhigenden und günstigen Einflufs auf die weiteren Vorgänge ausgeübt. Auch auf der Südseite liefsen es die örtlichen Verhältnisse angezeigt erscheinen, einen kleinen Schacht von 19 m Teufe herzustellen und von diesem aus ebenfalls mit Ort und Gegenort den Stollen aufzufahren. Hiernach befanden sich also während einiger Monate die Arbeiten zum Auffahren des Sohlstollens an acht Oertern im Gange, in Folge dessen bei Beginn der Maschinenbohrarbeiten bereits über 1000 lfd. m Sohlstollen aufgefahren waren.

Mit den Maschinenbohrarbeiten begann man auf der Südseite am 15. Mai 1875, auf der Nordseite jedoch, wo zur Gewinnung eines geeigneten Platzes für die erforderlichen Einrichtungen noch Erd- und Felsarbeiten ausgeführt werden mufsten, erst am 10. August 1875. Der Betrieb wurde gleich anfangs so eingerichtet, wie er sich beim St. Gotthard-Tunnel bereits bewährt hatte; im grofsen und ganzen ist er auch bis zum Ende derselbe geblieben. Auf jeder Tunnelseite wurden vier Arbeiterabtheilungen, zwei Bohr- und zwei Schlepperposten, gebildet, jede aus einem Oberhäuer und 17 bis 20 Mann bestehend, welche in folgender Reihenfolge arbeiteten: Nachdem der Bohrposten I die je nach der Gebirgsart nöthig erscheinende Anzahl Bohrlöcher in den Ortstofs gebohrt hatte, schob er den Bohrapparat (das Bohrgestell mit sechs Bohrmaschinen) zurück, dem bereits wartenden Schlepperposten I das Feld räumend. Letzterer hatte nun die Bohrlöcher mit Dynamit zu besetzen, die Schüsse zu lösen, die Berge zu verladen und, soweit nöthig, das Schienengeleis zu verlängern. Sobald die Strecke bis vor Ort wieder frei war, fuhr der Bohrposten II an, den Bohrapparat mit sich führend, und begann das Bohren. Hatte dieser seine Arbeit beendet, so folgte der Schlepperposten II, welcher demnächst vom Bohrposten I abgelöst wurde.

Die Bohrschichten dauerten je nach der Beschaffenheit des Gebirges 3 bis 5 Stunden, die Schlepperschichten je nach der Wirkung der Schüsse und der Standfähigkeit des Gebirges $2^1/_2$ bis 6 Stunden. Die grofse Verschiedenheit in der Dauer der Bohrschichten wurde durch die Verschiedenheit des zu durchfahrenden Gebirges herbeigeführt, welches, wie oben erwähnt, streckenweise aus nicht sehr hartem geschlossenen Grauwackenschiefer, aus mächtiger, quarzreicher und äufserst harter Grauwacke und aus dünn geschichteten Schieferlagen bestand, die wiederum mit vielen theils dünnen, theils stärkeren Grauwackenbänken durchsetzt waren. Das erstgenannte Gebirge war das günstigste, das letztgenannte das ungünstigste, und zwar deshalb, weil bei dem spitzen Winkel (10 bis 13°), unter welchem gegen die Schichtung gebohrt werden mufste, und bei dem sehr grofsen Unterschiede in der Härte der aufeinander folgenden Lagen die Bohrer nach Durchdringung der weichen Schieferschichten auf der folgenden harten Grauwackenbank oft seitlich abgedrängt wurden, sodafs häufig Löcher von 0,3 bis 0,5 m Tiefe aufgegeben werden mufsten, weil es — des gebohrten „Fuchses" wegen — nicht möglich war, dieselben bis zu der erforderlichen Tiefe von 1 bis 1,3 m herzustellen.

Die Verschiedenheit in der Dauer der Schlepperschicht hing selbstverständlich in erster Linie von der Wirkung der Schüsse, dann aber auch sehr von der Standfähigkeit des durchfahrenen Gebirges ab. War diese nicht so grofs, dafs der Stollen auf wenigstens 6 m Länge einige Stunden ohne Verzimmerung stehen konnte, so mufste nach jeder Schlepperschicht vor Beginn der Bohrarbeiten das Verbauen des Stollens vorgenommen werden, wodurch die betreffende Schlepperschicht je nach den Verhältnissen um eine oder mehrere Stunden verlängert wurde.

Infolge der sehr ungleichen Dauer der einzelnen Schichten konnte für den Schichtenwechsel vorher ein bestimmter Zeitpunkt nicht angegeben werden; es wurde deshalb ungefähr eine Stunde vor Beendigung jeder Bohr- bezw. Schlepperschicht mit einem elektrischen Läutewerk, welches eine Verständigung zwischen der vor Stollenort beschäftigten Belegschaft und dem Maschinenhause ermöglichte, das Zeichen gegeben, dafs die Mannschaften der folgenden Schicht zu benachrichtigen seien. Letztere erschienen dann nach einer halben Stunde unter Führung des Oberhäuers in der vor dem Tunnel belegenen Baubude und wurden vom Tunnelaufseher vor Ort geführt. Hier übergab der Oberhäuer der abfahrenden Schicht dem Oberhäuer der anfahrenden Schicht unter Anwesenheit des Tunnelaufsehers die Arbeitsstelle, nachdem — beispielsweise nach einer Schlepperschicht — nochmals genau festgestellt war, wieviel Löcher besetzt gewesen, und ob vielleicht noch Dynamitladung in einer stehen gebliebenen Büchse vorhanden wäre. Erst wenn alles förmlich übergeben war, durften die Bohrmaschinen in Thätigkeit gesetzt werden. Diese förmliche Uebergabe der Arbeitsstelle erschien geboten, weil sonst, wie im Anfange der Bohrarbeiten ein trauriger Vorfall leider bewies, die Möglichkeit nicht ausgeschlossen war, dafs eine unentdeckt gebliebene Ladung während der Bohrarbeiten, etwa durch Anbohren der Mine, zur Entzündung hätte gelangen können.

In jeder Bohrschicht wurden je nach dem anstehenden Gebirge in den Ortstofs 20 bis 28 Löcher von 1 bis 1,3 m Tiefe gebohrt und zwar mit sechs Bohrmaschinen, welche auf einem fahrbaren Bohrgestell (Wagengestell) sich befanden. Auf letzterem waren die Bohrmaschinen mittels Schraubenspindel in der lothund in der waagerechten Ebene verstellbar. Zwei Maschinen befanden sich auf jeder Seite und zwei in der Mitte des Bohrgestells; die seitlich gelagerten konnten gegen die Tunnelachse bis zu einem Winkel von 10°, die mittlere bis zu einem Winkel von 30° in der waagerechten Ebene verstellt werden. In der lothrechten Ebene war die Verstellbarkeit der Maschinen weniger begrenzt. Für die mittlere Lage wurden die besten Maschinen ausgewählt, weil mit diesen die meisten, und zur Erzielung eines wirksamen Einbruchs auch die tiefsten Löcher zu bohren waren. Durchschnittlich erhielt jedes Bohrloch eine Ladung von 0,75 kg Dynamit. Zuerst wurden die oberen 12 bis 18 Löcher geladen und gleichzeitig abgethan; nach Forträumung der gelösten Berge kamen die unteren 7 bis 10 Schüsse zur Entzündung. Bei einer günstigen Wirkung sämtlicher Schüsse

wurde ein Fortschritt von 1 m erzielt und es mufsten nach dem Abschiefsen der ersten 12 bis 18 Löcher gegen 9 cbm Berge (die Auflockerung betrug bei diesem Grauwackenschiefer annähernd 50 pCt.), nach dem Abschiefsen der übrigen Löcher gegen 5 cbm Berge fortgeschafft werden. Von den vorhandenen Förderwagen fafste jeder 2,5 cbm, sodafs also nach jedem Angriffe 5 bis 7 Wagen zu beladen waren. Um den zu beladenden Wagen vor Ort bringen zu können, mufste vorab das Bohrgestell zurückgefahren und nach der anfänglichen Einrichtung über eine Weiche oder Schiebebühne in eine seitliche Erweiterung des Sohlstollens geschoben werden, was sich auch jedesmal wiederholte, wenn ein vor Ort beladener Wagen einem leeren Wagen den Platz räumen sollte. Wenn nun auch dieses Verfahren infolge der öfteren Wiederholung rasch und geschickt zur Ausführung gelangte und die einzelnen Zwischenzeiten aufserdem durch Abtreiben des Ortstofses und der First thunlichst ausgenutzt wurden, so war doch ein Zeitverlust bei dem Wechsel der Wagen uud der Bohrvorrichtung nicht zu vermeiden; es wurde daher auf der nördlichen Tunnelseite eine anderweite Einrichtung getroffen. Dieselbe bestand darin, dafs die Stollenberge nicht unmittelbar in die grofsen Tunnelwagen, sondern vor Ort in Hunde von $^1/_3$ cbm Fassungsraum verladen wurden, welche an einer 80 bis 200 m vom Ort entfernten Stelle mittels einer durch geprefste Luft getriebenen Maschine auf einer schiefen Ebene aus dem Sohlstollen in den Firststollen gezogen, dort auf einem Schienengeleis bis zu einem Rollloche gefahren und durch letzteres vermittelst eines Wippers in den unter dem Rollloche stehenden Tunnelförderwagen entleert wurden. Die Figuren 1 und 2 auf Blatt 12 lassen den ganzen Vorgang erkennen. War beispielsweise der Wagen 2 beladen, so wurde er zurück und der Wagen 3 an seine Stelle gebracht, und so wurde fortgefahren, bis sämtliche Tunnelförderwagen beladen waren.

Bei dieser Einrichtung wurde also die Bohrmaschine nur bis hinter die schiefe Ebene zurückgefahren und blieb dort auf dem Fördergeleis stehen. Waren sämtliche Berge verladen, so wurde der untere, um das Charnier *e* bewegliche Theil *ef* der schiefen Ebene bis unter die Stollenfirst aufgewunden und der Bohrapparat (die Hunde befanden sich im Firststollen, die Strecke war also frei) vor Ort gefahren, was nur kurze Zeit in Anspruch nahm.

Wie aus dem Grundrifs ersichtlich, waren auf der Strecke von der schiefen Ebene bis vor Ort zwei Schienengeleise dergestalt verlegt, dafs die beiden äufseren Schienen derselben ein normalspuriges Geleis bildeten; auf dieser Strecke konnten also sowohl die Bohrmaschine und die Tunnelförderwagen, als auch die Hunde laufen. Eine möglichst nahe vor Ort die Geleise in ihren innern Schienen unterbrechende Fläche gestattete das Uebersetzen der Wagen von dem einen Geleis auf das andere, wodurch es möglich wurde, an Stelle eines vor Ort beladenen Wagens sofort einen leeren Wagen heranzubringen und immer zwei Wagen gleichzeitig zu beladen, also den mit dem Wechsel der grofsen Wagen verbundenen Zeitverlust zu vermeiden.

Um auch beim Verlängern des Schienengeleises möglichst wenig Aufenthalt zu verursachen, wurden aus 4 Schienenstücken feste Rahmen von solcher Länge gebildet, dafs drei derselben auf eine gewöhnliche Schienenlänge gingen. Waren 4 bis 5 Rahmen verlegt, so konnten während einer Bohrschicht 3 Rahmen hinter dem Bohrgestell ohne jeden Zeitverlust ausgewechselt und dafür ein Geleisstück von einer Schienenlänge eingelegt werden. Die Zeit, welche in der Bergeförderung durch diese Einrichtung erspart wurde, betrug im Durchschnitt etwa 45 Minuten. Beim Vorrücken des Stollenortes mufste selbstverständlich auch die vorbeschriebene ganze Ladevorrichtung folgen; im allgemeinen wurde es in je 5 bis 6 Wochen einmal nöthig, die schiefe Ebene zu verlegen.

Den bei diesem Stollenauffahren beschäftigten Arbeitern wurde ein Einheitspreis für 10 lfd. m aufgefahrenen Sohlstollens festgesetzt, welcher innerhalb der 14 tägigen Zahlungsperiode mit der gröfseren Leistung von 10 zu 10 m wuchs; es bestand also ein Gedinge, welches geeignet war, den Fleifs und das gemeinsame Interesse der Arbeiter an dem guten Fortschritt des Stollens möglichst zu steigern.

c) Herstellung des Vollausbruchs.

Vom Sohlstollen aus wurden zum Auffahren des Firststollens, beziehungsweise zum Einbauen der schiefen Ebene, an passenden Stellen, zumeist 150 m von einander entfernt, Aufbrüche gemacht und von diesen aus mit Ort und Gegenort der Firststollen aufgefahren. Gewöhnlich waren auf jeder Seite 5 Firststollenörter in Betrieb, und es wurde an diesen ein Gesamtfortschritt erzielt, der dem Fortschritt im Sohlstollen gleich kam. In Entfernungen von je 8 m befand sich ein Rollloch, um die Firststollenberge, sowie beim weiteren Ausbruch auch die übrigen Ausbruchsmassen des Oberprofils unmittelbar in den unter dem Rollloche stehenden Wagen zu stürzen. Wenn nicht geladen wurde, waren die Rolllöcher mit einer Abdeckung dicht geschlossen, so dafs dann der Verkehr im Sohlstollen ohne Gefahr stattfinden konnte.

So weit der Firststollen durchschlägig war, wurden demnächst die anderen Arbeiten zur Herstellung des Vollausbruchs in Angriff genommen. Da sich auf diesen Strecken 2 übereinander liegende und durch viele Rolllöcher mit einander in Verbindung stehende Stollen befanden, so bildete sich ein entsprechend kräftiger Wetterzug; die Lufterneuerung war also auch ohne besondere Vorrichtungen eine verhältnifsmäfsig günstige.

Der Bauvorgang bei Herstellung des Vollausbruchs war folgender: Eine Belegschaft von 4 Mann trieb das Bogenort vor, d. i. den oberen Theil bis zur Höhe der Sohle des Firststollens (Theile 3 · 3 der Figur 5 auf Blatt 12). War diese Ausweitung bis auf die Länge von 8 m vollendet und die nöthige Verzimmerung eingebracht, so folgte, während die genannte Belegschaft zur Herstellung des folgenden Bogenorts weiter schaffte, eine zweite Belegschaft von 6 Mann zur Herstellung des Schwellenvorbruchs, also zur Entfernung der Gebirgsmasse bis zur Unterkante der demnächst zu verlegenden Hauptschwelle (Theil 4 der Fig. 6 auf Blatt 12). Wenn diese Arbeiten auf 8 m Länge vollendet, die Hauptschwellen verlegt, die Hauptstempel gesetzt und die übrigen Auszimmerungsarbeiten bewirkt waren, folgte eine dritte Belegschaft von 6 Mann zur Entfernung der Stöfse (Theile 5 · 5 der Fig. 7 auf Blatt 12) und zum Aussprengen der Fundamente. Hatte diese Belegschaft das Feld geräumt, so erschienen die Maurer, um das Stück von 8 m Länge zunächst in der Mauerung fertig zu stellen. Die 4 Belegschaften folgten sich in den angegebenen Zwischenräumen, bis die betreffende Strecke fertig gestellt war. Zuerst wurde die erste Belegschaft frei, indem das Bogenort mit einem entgegengetriebenen Bogenort zusammentraf. Die frei gewordene Belegschaft rückte weiter vor, um einen neuen Aufbruch durch Herstellen

der Bogenorte vorzubereiten; hierhin folgten bald die an der vorigen Stelle nunmehr auch frei gewordene Belegschaft des Schwellenvorbruchs, dann die Belegschaft der Stöfse und zuletzt die Maurer. In dieser stufenförmigen Gleichmäfsigkeit wurde die Arbeit stetig weiter gefördert.

Die Bergleute arbeiteten auf der Nordseite durchgehends in 8stündigen Schichten (auf der Südseite auch in 12stündigen), sodafs an einer solchen Arbeitsstelle aufser den Maurern und Handlangern thätig waren:

3 · 4 = 12 Bergleute zur Herstellung des Bogenorts,
3 · 6 = 18 Bergleute zur Herstellung des Schwellenvorbruchs,
3 · 6 = 18 Bergleute zur Herstellung der Stöfse.

Die Belegschaften des Bogenortes und des Schwellenvorbruchs stürzten ihre Berge durch das in unmittelbarer Nähe befindliche Rollloch in die unter dasselbe geschobenen Wagen im Sohlstollen, konnten die Berge also in sehr kurzer Zeit durch einen oder höchstens zwei Schaufelwürfe in die Wagen bringen, ohne bei dieser Arbeit die andere Belegschaft zu stören oder von letzterer Störungen zu erleiden. Aufserdem war jeder Arbeiter beständig mit derjenigen Arbeit beschäftigt, die ihm am meisten zusagte und für welche er sich eine besondere Fertigkeit angeeignet hatte. Jede Belegschaft (die 3 Schichten als eine zusammengehörige Belegschaft gerechnet) hatte ihr je nach der Gebirgsart verschiedenes, auf 1 m Länge festgesetztes Gedinge.

Der regelmäfsige Fortschritt der Arbeiten ist auf Blatt 12 durch die Darstellung des Standes derselben in Zeiträumen von 2 zu 2 Monaten des letzten Baujahres in den Figuren 11 bis 17 veranschaulicht; die letzte Figur entspricht dem Arbeitsstande kurze Zeit vor dem Stollendurchschlage.

An denjenigen Stellen, an welchen die Gebirgsverhältnisse es wünschenswerth erscheinen liefsen, wurde selbstverständlich von der allgemeinen Regel abgewichen, z. B. auf der Nordseite infolge der hier vorhandenen druckhaften Thonstücke. Diese Strecken liefsen nur eine Länge des Vollausbruchs von 5 m zu und gestatteten nicht, die Bogenorte des folgenden Stückes früher in Angriff zu nehmen, als das angrenzende Stück im Mauerwerk fertig gestellt war. Hinter diesen, sehr grofse Schwierigkeiten verursachenden Strecken konnte jedoch, Dank dem Sohlstollenbetriebe, der regelmäfsige Bau fortgesetzt werden, ohne die Förderung selbst während der Ausführung des rasch nach der Fertigstellung eines Mauerstücks einzuspannenden Sohlgewölbes zu beeinträchtigen.

d) Die Verzimmerung.

Die Gebirgsverhältnisse waren im ganzen solche, dafs zwar durchgehends eine Verzimmerung, an vielen Stellen sogar eine sehr kräftige, geboten erschien, jedoch mit Ausnahme der mehrerwähnten Thonstücke eine Getriebezimmerung nicht nöthig war; es handelte sich beim Einbauen der Verzimmerung lediglich darum, dem Schieben gröfserer Felsmassen, besonders von der linken Seite her, gleich anfangs zu begegnen und das Herabfallen kleinerer Gesteinsmassen zu verhindern. Hiernach erschienen die Kronbalken und Wandruthen des englischen Verfahrens, gestützt von den österreichischen Mittelgespärren, als die passendste Bölzung. Diese Verzimmerung kam zuerst beim Bau der Karstbahn (1853), dann beim Bau der Rhein-Nahe-Bahn (1857), demnächst beim Bau des Altenbekener Tunnels (1863) und beim Bau der Eifelbahn (1870) zur Ausführung. Obwohl dem Urtheile Ržiha's (vergl. Lehrbuch der gesamten Tunnelbaukunst von F. Ržiha, Band II, Seite 183), dafs dieser Bau keine eigentliche Getriebezimmerung zuläfst, zugestimmt werden mufs, so hat derselbe doch bei einem Gebirge, welches ein regelrechtes Vortreiben der Getriebepfähle nicht durchaus nöthig macht, sehr grofse Vorzüge. Bei den Tunneln der Eifelbahn wurde auch auf den Strecken, wo Felsgebirge, wenn auch zerklüftetes, und sehr druckhaftes Gestein anstand, diese Zimmerung mit Vortheil angewandt. Selbst im Mettericher Tunnel (in der Nähe der Kreisstadt Bitburg in der Eifel), welcher in sehr druckhaftem Gebirge hergestellt und wo zuerst der besseren Getriebezimmerung zu Liebe das österreichische Verfahren angewandt wurde, mufste dieses dem englisch-österreichischen System weichen, weil bei dem österreichischen Sparrenbau die Sicherung der Sparrenfüfse oft erhebliche Schwierigkeiten machte.

Für die Thonstücke des Kaiser Wilhelm-Tunnels erschien eine möglichst gute Getriebezimmerung ebenfalls wünschenswerth, und es wurde daher das in den Figuren 3, 4 und 5 auf Blatt 13 gezeichnete Verfahren befolgt, wie solches vom Verfasser bereits beim Bau des Mettericher Tunnels der Eifelbahn angewandt war. Abgesehen von den höchst zweckmäfsigen Hülfsträgern, unterscheidet sich dieses von dem österreichischen Verfahren nur dadurch, dafs die Sparren, anstatt aus Holz, aus I-Eisen bestehen und die einzelnen Stücke miteinander durch Laschen verbunden sind. Die mit diesem Verfahren erzielten Erfolge waren zufriedenstellend, nichtsdestoweniger wurde der gröfsere Theil der Thonstücke nach dem englisch-österreichischen System unter Mitanwendung der vorhin genannten Hülfsträger sicher und glücklich aufgebaut. Sobald nämlich das Gebirge, wenn auch nur für sehr kurze Zeit, das Freilegen einer kleinen Fläche gestattet, also nicht sofort die regelrechteste Getriebezimmerung bedingt, bewährt sich dieses Verfahren ausgezeichnet; es widersteht bei vorsichtiger Verbölzung wie ein Gewölbe dem stärksten Drucke, auch ist der Längsverband leicht zu sichern und eine etwa nöthig werdende Verstärkung der Bölzung, besonders aber auch die Auswechslung bei Herstellung der Mauerung bequem und rasch ausführbar.

Das Weitere dürfte aus den Figuren 3, 4, 5 und 6 auf Blatt 13 hervorgehen, jedoch soll der Ausbau der Druckstollen weiter unten noch näher beschrieben werden.

e) Die Mauerung.

Für die Ausmauerung kamen nur Bruchsteine zur Verwendung, welche gröfstentheils aus neu aufgeschlossenen Steinbrüchen des unteren Moselthales gewonnen wurden; nur in geringer Menge konnten Steine aus den Tunnelbergen für die Mauerung entnommen werden. Die Widerlagssteine behielten in ihren Aufsenflächen, falls diese nicht zu unregelmäfsig waren, ihre ursprüngliche Gestalt; für die Wölbsteine dagegen, welche, auf die Schalung gesetzt, eine centrale Lage einnehmen müssen, war die Bearbeitung der Stirnflächen nicht zu umgehen. Der Mörtel bestand im allgemeinen aus 1 Theil Trierer Kalk, 1 Theil Trafs (aus dem Plaidter Thal bei Andernach) und 2 Theilen scharfem Moselsand. Entsprechend dem Feuchtigkeitsgrade des Gebirges wurde der Trafszusatz vergröfsert oder vermindert. Cement kam nur an den sehr nassen Stellen zur Verwendung.

Als Lehrgerüst für die Ausführung des Gewölbes dienten eiserne Lehrbögen aus I-Eisen von 194 mm Höhe, wie solche

bereits bei dem Bau der Eifelbahn (Call-Trier) ausgedehnte Verwendung gefunden hatten. Dieselben beanspruchen nur geringen Raum, sind bequem aufzustellen und auszurüsten, gestatten auch eine bequeme Verstrebung, welche, gleichzeitig den Längsverband erhöhend und viele feste Stützpunkte bietend, als Verstärkung der Verzimmerung in schwierigen Fällen eine zuverlässige Hülfe leistet. Dieser Vorzüge wegen sind die eisernen Lehrbögen auch bereits in ausgedehnterem Mafse bei Tunnelbauten zur Benutzung gekommen.

Da es selbst unter Anwendung von rasch bindendem Cement und bei Zuhülfenahme von Filz-, Blei- und Zinkplatten nicht gelang, an den wasserreichen Stellen ein wasserdichtes Mauerwerk herzustellen, so mufste auf vielen Strecken ein nachheriges Dichten des Gewölbes vorgenommen werden. Dies geschah während der trockenen Jahreszeit, in welcher die durchfliefsende Wassermenge möglichst gering, ein sofortiges Ausspülen des Dichtungsmaterials also weniger zu befürchten war. Es wurden an den betreffenden Stellen in Entfernungen von 1 bis 2 m von einander durch die ganze Stärke des Gewölbemauerwerks Bohrlöcher getrieben und in diese dann einzeln mittels einer Prefspumpe Cementmilch gedrückt, welche, sich nach allen Richtungen vertheilend, die hohlen Räume im Mauerwerk und hinter demselben ausfüllte. Nach Mafsgabe der beim Pressen aufzuwendenden Kraft konnte geschlossen werden, ob genügend Cementmilch eingeprefst und die mit dem betreffenden Bohrloch in Verbindung stehenden hohlen Räume ausgefüllt seien. Wenn in dieser Beziehung Gewifsheit erlangt war, begann das Einpressen an einem anderen Bohrloch, und so fort, bis durch alle Bohrlöcher einer gröfseren Fläche Cementmilch in genügender Menge geprefst war; alsdann wurden die vorher tief aufgekratzten Fugen mit Cementmörtel (1 Theil Cement und 1 Theil Sand) gehörig verstrichen. Der Erfolg dieser Dichtung war ein ausgezeichneter, da Stellen vollständig trocken gelegt worden sind, welche auf 1 qm 2 Liter Wasser in der Minute durchliefsen.

Das Dichten eines oberen Gewölbetheiles von 4 m Länge und 7,5 m Breite, also von 30 qm Fläche, erforderte:

4 Bergmannsschichten zu	4,5 *M.*	= 18,0 *M.*
(diese bohrten zweimännisch 15 Löcher);		
6 Maurerschichten zu	4,0 „	= 24,0 „
6 Handlangerschichten zu	2,5 „	= 15,0 „
2 Tonnen Cement zu	10,0 „	= 20,0 „
1/4 cbm Sand zu	6,0 „	= 1,5 „
Aufstellen und Abbrechen des Gerüstes, Transport der Materialien, Geräthe u. s. w.	rd.	71,5 „
	zusammen	150,0 *M.*

und haben mithin die Kosten zum Dichten der wasserreichsten Stellen für 1 qm Fläche 5 *M.* betragen.

f) Der Ausbau der druckhaften Strecken.

Am Nordende, und zwar unmittelbar hinter der Stadt Cochem, kreuzt der Kaiser Wilhelm-Tunnel, wie erwähnt, zwei mit Diluvialgebilden ausgefüllte Erosionsthäler. Das hier durchfahrene, aus Thon- und Schiefertrümmern bestehende, mit vielen Sandadern durchzogene Gebirge war für den Bau um so ungünstiger und gefährlicher, als die sandigen Einlagerungen viel Wasser führten und den Thon aufweichten.

Das der Mündung zunächst liegende kleinere Thonstück hatte eine Länge von 65 m, das gröfsere war 85 m lang. Bei dem ersteren zeigte sich der günstige Umstand, dafs eine ziemlich feste felsige Sohle vorhanden war, vermutlich die Sohle des alten Thales. In dem zweiten Druckstück war die Sohle dermafsen unzuverlässig, dafs nach jedesmaliger Herstellung einer Mauerstrecke von 15 m Länge sofort das Sohlgewölbe eingespannt werden mufste, ohne dafs das Fördergeleis unterbrochen werden durfte; letzteres aus dem Grunde, weil die Arbeiten auf der Strecke eine ungestörte Förderung verlangten. Die hier zu lösende Aufgabe bot daher besondere Schwierigkeiten.

Wenn Řžiha in seinem Werke (Band II, Seite 5 Absatz 2) sagt: „Im Tunnelbau ist es die gröfste Kunst, grofsen Gebirgsdruck fern zu halten, eine weit gröfsere Kunst, als jene, einmal vorhandenen Gebirgsdruck zu bewältigen, und möchten wir das erstere mit geistiger, das letztere mit roher materieller Arbeit zu vergleichen wagen,“ — so ist ihm hierin gewifs zuzustimmen. Wird beim Bau in druckhaftem Gebirge nicht von vornherein die gröfste Aufmerksamkeit auf die Verhinderung des Unruhigwerdens des Gebirges gerichtet, wird z. B., weil anfangs sich kein grofser Druck zeigt, der Sohlstollen in gewohnter Weise verzimmert, demnächst mit neuen Kappen versehen, wenn die alten gebrochen, dann aufgefirstet, wenn der Stollen unter dem Drucke zu niedrig geworden ist; wird endlich bei den weiteren Ausbruchsarbeiten in gewohnter Weise weiter gearbeitet, so darf man sich nicht wundern, wenn nach und nach sich ein mächtiger Druck entwickelt, unter welchem der anscheinend kunstgerecht hergestellte Bau gewaltig „klagt“, wenn alsbald die stärksten Hölzer brechen, Wandruthen und Hauptschwellen vollständig zerquetscht werden, die mächtigen Stempel spalten oder in die Sohle sinken, und schliefslich der allmählich weit aus dem Loth gerathene Bau unter dem nicht mehr zu bewältigenden Druck zu Bruche geht.

Dieser beim Tunnelbau nicht seltene Ausgang ist oft die natürliche Folge einer unrichtigen Bauweise. Denn durch das Sinken des Stollens, durch das zunächst scheinbar unbedeutende Heruntergehen des Baues beim Herstellen des Oberprofils, beim Legen der Hauptschwellen und Setzen der Hauptstempel sind immer mehr böse Geister geweckt, die anfangs im Berge friedlich schlummerten, die aber — einmal aufgerüttelt und heraufbeschworen — entweder die Oberhand behalten und den Bau zu Bruche bringen, oder doch eine solche Menge von Verstärkungen der Verzimmerung, Auffirstungen u. s. w. nöthig machen, dafs die Baukosten derartiger, unrichtig behandelter Druckstrecken, selbst wenn ein Tunnelbruch vermieden wird, eine ganz bedeutende Höhe erreichen.

Um diesen, bei der gewöhnlichen Bauweise in sicherer Aussicht stehenden Uebelständen thunlichst vorzubeugen, wurde schon beim Auffahren des Sohlstollens mit gröfster Vorsicht dahin gestrebt, jedes Sinken und Schadhaftwerden des Stollens, also jede Beunruhigung des Gebirges zu verhindern. Zu diesem Zwecke wurde mit Getriebezimmerung vorgegangen. Die kräftigen enggestellten Stollengezimmer erhielten Grundschwellen und Kappen von mindestens 0,35 m Stärke; zwischen ersteren wurde die ganze Sohle mit seitlich beschlagenen Rundhölzern dicht geschlossen ausgelegt und darüber wurden die Langschwellen *a a* (vergl. Figur 3 und 8 auf Blatt 13) gestreckt, welche mittels Drempel gegen die unter den Kappen her gezogenen Holme *b b* verspannt wurden. Auf diese Weise (da auch die Seitenstöfse dicht verzogen waren) ward ein nach allen 4 Seiten kräftig abgestrebter und gegen das Eindringen des Gebirges gesicherter

Stollen geschaffen, welcher auch den gesamten senkrechten Druck thunlichst gleichmäfsig auf die Sohle vertheilte. Die Herstellung des Vollausbruchs und der Mauerung erfolgte dann in der Weise, dafs zunächst vor und hinter den Druckstellen in festem, standfähigem Gebirge Aufbrüche gemacht und hier 2 Strecken von je 16 m Länge in der Mauerung fertig hergestellt wurden. Von diesen beiden sicheren Punkten aus konnte nun gegen das druckhafte Gebirge weiter vorgegangen werden.

Die Länge jeder Baustrecke mufste auf 5 m eingeschränkt werden. Ausweitung und Verzimmerung des vollen Profils erfolgte nach 2 verschiedenen Bauweisen, bezüglich deren bereits in dem Abschnitt über die bergmännische Auszimmerung Einiges mitgetheilt ist.

Bei beiden Bauweisen wurde zunächst der Firststollen in einer Länge von 8 m aufgefahren und möglichst sicher verbaut; dann folgte das Einbringen, Unterstützen und Verbolzen der beiden 5 m langen Kronbalken und die Herstellung des Bogenorts unter gleichzeitigem Einbauen von je 2 Wandruthen auf beiden Seiten in der üblichen Weise.

Um die Herstellung des Schwellenvorbruchs zu ermöglichen, durfte eine sichere Abstützung der Kronbalken und Wandruthen nicht fehlen. Daher wurden auf die Sohle des fertig gestellten Bogenorts 2 verstärkte Träger (Fig. 3 bis 8 auf Blatt 13) 1,2 m von einander entfernt so gelegt, dafs sie mit dem einen Ende ein sicheres Auflager auf einem Bocke erhielten, welcher auf der nächsten Hauptschwelle des bereits fertigen Stückes stand, mit dem andern Ende dagegen auf der gesicherten Sohle des einige Meter weiter aufgefahrenen Firststollens fest auflagen. Nachdem von diesen untereinander verbolzten kräftigen Trägern die Kronbalken und Wandruthen bezw. die Unterzüge unter den eisernen Sparren abgestrebt waren, konnte die Sohle des Bogenorts auf einer für das Legen einer Schwelle genügenden Länge ausgeschachtet werden. Schleunigst wurde nun die erste Hauptschwelle, und zwar 0,5 m gegen die Kopfenden der Kronbalken und Wandruthen zurückbleibend, gelegt, dann die Decke über dem Sohlstollen durchgeschlitzt und die Aufstellung der Hauptstempel auf die Langschwellen bewirkt.*) Die zweite Hauptschwelle wurde in der Mitte des herzustellenden Stücks und die dritte in gleicher Weise wie die erste, 0,5 m von den Enden der Kronbalken zurückbleibend, verlegt; sobald eine Schwelle in ihre sichere Lage gebracht und unterstützt war, bot sich Gelegenheit, durch einen aufgesetzten Bock die Hülfsträger zu unterstützen.

Das Abfangen der Kronbalken und Wandruthen bezw. der Unterzüge, das Einbringen der Verspannung der Brust, ferner das Einbringen der Langhölzer mit den nöthigen Verstrebungen, das Einbauen einer zweiten Reihe Hauptstempel konnte nach und nach erfolgen, und auf diese Weise die Vollendung der Verzimmerung stattfinden, ohne dafs ein Sinken des Baues und damit ein gefahrbringendes Unruhigwerden des Gebirges zu befürchten war. Bei Anwendung eiserner Sparren ergab sich ein Unterschied von der geschilderten Bauweise nur insoweit, als sich überhaupt der englische Bau von dem österreichischen Sparrenbau unterscheidet. Das Nähere dürfte aus den Figuren auf Blatt 13 zur Genüge hervorgehen. Die erstere Bauweise erfreute sich bei den Bergleuten einer gröfseren Beliebtheit, als die letztere, welche ihnen unbekannt war und besonders beim Auswechseln einige, hauptsächlich auf Mangel an Uebung zurückzuführende Schwierigkeiten verursachte. Hervorzuheben ist, dafs die Unterzüge unter den Sparren an den Stützpunkten in unzulässiger Weise auf Zerdrückung in Anspruch genommen wurden, ein Uebelstand, welcher unschwer durch Vergröfserung der gedrückten Flächen gehoben worden wäre, wenn es sich gelohnt hätte, die Geschicklichkeit der Arbeiter in dieser Bauweise durch längere Uebung zu erhöhen und die dann nöthigen Eisenconstructionen für gröfsere Strecken zu beschaffen. Bei der geringen Länge der Druckstellen und unter Berücksichtigung des Umstandes, dafs die erstere Bauweise, in welcher die Arbeiter sich bereits eine besondere Gewandtheit angeeignet hatten, gut und sicher zum Ziele führte, wurde von Beschaffung weiterer Eisenconstructionen Abstand genommen und der gröfsere Theil nach dem englisch-österreichischen Verfahren ausgezimmert.

*) Der Sohlstollen war auch an diesen Druckstellen so geräumig, dafs die Hauptstempel versetzt werden konnten, ohne die seitliche Verpfählung des Stollens fortnehmen und die Stöfse beunruhigen zu müssen.

Mit Herstellung des Sohlgewölbes durfte aus Rücksicht auf die Unzuverlässigkeit der Sohle nicht lange gewartet werden; die Ausführung mufste, wie bereits früher bemerkt, so erfolgen, dafs die Tunnelförderung keinerlei Störung erlitt. Diesen Anforderungen ist in folgender Weise genügt: Nachdem in einem Stücke von 5 m Länge das Widerlags- und Gewölbemauerwerk hergestellt war, wurde in dem vorhergehenden Stücke, welches noch in der durch Figur 7 auf Blatt 13 dargestellten Verspreizung, also in vollständiger Verspannung stand, mit Herstellung des Sohlgewölbes begonnen, indem zunächst unter dem gut verlaschten, mit Bohlen vorsichtig ausgelegten Fördergeleise Eisenbahnschienen (Figur 7 und 8) hergezogen und durch Hängeeisen *h* an den verstärkten Längsträgern befestigt wurden, sodafs die ganze Förderbahn mit den unberührt an ihrer Stelle verbleibenden Rohrleitungen an den starken Längsträgern hing und nunmehr das Ausschachten der Sohle für das Sohlgewölbe, sowie die Herstellung des Sohlgewölbes selbst auch unter dem Geleise erfolgen konnte, ohne die Förderung zu stören.

Wie aus der Zeichnung hervorgeht, fehlte auch nicht die Verstrebung des Fundamentmauerwerks gegen seitlichen Schub. Bei der geringen Länge der einzelnen Ausschachtungen, welche der gröfseren Sicherheit wegen auf 2,5 m beschränkt wurden, ist ein gröfserer Seitenschub bei Herstellung der tiefen Ausschachtungen nicht wahrgenommen, demselben hätte, wie gleichfalls aus der Zeichnung hervorgeht, leicht mit Erfolg begegnet werden können. Was im besondern die in Figur 6 dargestellten Längsträger *H* im Oberschnitt und auf der Sohle anbetrifft, so bestanden diese aus je zwei I-Eisen von 360 mm Höhe und 8 m Länge, welche, mit zwischengelegten genau schliefsenden Holzbalken durch kräftige Bolzen fest verschraubt, zuverlässige Stützpunkte bildeten.

Die vorgeschilderte Bauweise hat sich bewährt. Lediglich dadurch, dafs von Anfang an jedes Unruhigwerden des Gebirges auf das sorgfältigste verhindert wurde, ist beim Aufbau dieser gefährlichen Strecken nicht allein jeder Bruch, sondern auch jedes Auffirsten, jede nachträgliche aufsergewöhnliche Verstärkung der Verzimmerung vermieden und überhaupt allen jenen bedenklichen Erscheinungen vorgebeugt worden.

g) Die Förderung.

Nachdem die von Schächten aus getriebenen Stollen unter sich und mit dem von Tage aus getriebenen Stollen durchschlä-

gig geworden waren, wurde ein normalspuriges Fördergeleis gelegt und der Betrieb desselben vorläufig mit 10 Förderwagen begonnen. Diese Wagen hatten bei 5 m Länge des festen Untergestelles 0,8 m Bodenhöhe, 1,27 m Gesamthöhe, 1,8 m Breite und 1,8 m Radstand. Um die Widerstandsfähigkeit, welche besonders mit Rücksicht auf die Art des Verladens eine möglichst grofse sein mufste, nicht zu beeinträchtigen, sowie um die Boden- und Gesamtwagenhöhe möglichst zu beschränken, wurde von der Verwendung von Seitenkippern Abstand genommen. Der Laderaum hatte einen kräftigen Unterboden, welcher durch einen zweiten Deckboden gegen die Beschädigungen der aus gröfserer Höhe herabstürzenden Felsstücke geschützt war, ferner feste aushebbare Stirnborde und in einfachen Scharnieren bewegliche Seitenklappen. Die Figuren 7, 8 und 9 auf Blatt 10 ergeben das Nähere.

Die Einstellung von 10 Förderwagen genügte zu einem regelmäfsigen Betriebe so lange, als aufser dem Sohlstollen nur noch der Firststollen vorgetrieben wurde. Die im Winter 1874/75 nach einander in Angriff genommenen Bogenorte und die ihnen bald folgenden Vollausbrüche verlangten natürlich eine Vermehrung der Wagen. Nach Inangriffnahme der Mauerarbeiten im Mai 1875 mufste ein grofser Theil der in den Tunnel zurückzuschaffenden Wagen mit Mauermaterialien, ein anderer Theil — wie auch bereits früher — mit Verzimmerungshölzern u. s. w. beladen und der Zug je nach dem Bestimmungsorte der Materialien geordnet werden; die Förderung wurde nun mit der Zeit so bedeutend, dafs aufser der abermaligen Vermehrung der Wagen die Einrichtung eines Locomotivbetriebes nöthig erschien. Auf jeder Tunnelseite gelangte daher im Sommer 1876 eine kleine Tendermaschine zur Verwendung, welche aber nach einigen Monaten, als das Rampengeleis nach der Mosel und der Löschplatz daselbst fertig gestellt war und fast alle Materialien: Steine, Sand, Kalk, Trafs, Cement, Kohlen, Hölzer, Schienen u. s. w., aus den Moselschiffen in die Förderwagen verladen und nach den Verwendungstellen bezw. Lagerplätzen geschafft wurden, den Dienst nicht mehr bewältigen konnte, sodafs (für jede Seite) eine zweite Maschine eingestellt werden mufste. Die Zahl der Tunnelförderwagen auf beiden Tunnelseiten wuchs nach und nach bis auf 142 Stück an; aufserdem wurden noch 37 alte, von der Betriebsverwaltung zurückgestellte Lowrys (diese hauptsächlich zum Dienste auf den Moselrampen) verwendet. Nach Abzug der in der Werkstätte befindlichen wiederherzustellenden Wagen verblieben auf jeder Tunnelseite durchschnittlich 60 Wagen für den regelmäfsigen Tunneldienst, aus denen zwei Züge zu je 30 Wagen gebildet wurden. Die Kreuzung der beiden Züge fand auf dem Ausweichegeleis statt, welches in dem fertigen Tunnelstücke angelegt und mit dem Fortschreiten des letzteren zeitweise soweit vorgeschoben wurde, als das fertige Tunnelmauerwerk eine zweigeleisige Bahn gestattete. Zwischen dieser Ausweichestelle und den Arbeitsstellen im Tunnel wurde die Förderung durch Pferde bewirkt, auf der weitern Strecke bis zur Halde bezw. zu den Lagerplätzen durch Locomotiven.

Unerläfslich war es, den einfahrenden Zug je nach dem Bestimmungsorte der Wagen genau zu ordnen. Letztere mufsten vertheilt werden im allgemeinen für: einen Sohlstollenort, fünf Firststollenörter, fünf Bogenörter, fünf Schwellenvorbruchsstellen und fünf Stellen, auf denen die Stöfse entfernt wurden. Aufserdem waren auf diesem Arbeitsfelde an vier bis fünf Stellen die Mauerarbeiten in der Ausführung begriffen, für welche die erforderlichen Materialien durch den einfahrenden Zug herbeigeschafft wurden. Sobald die mit diesen Materialien und ebenso mit Hölzern beladenen Wagen entladen waren, wurden dieselben zum Beladen mit Bergen nach den zunächst gelegenen bergmännischen Arbeitsstellen geschoben. Durch das Entladen dieser mit Materialien eingefahrenen Wagen wurden letztere zwar der bergmännischen Förderung auf eine nicht unwesentliche Zeitdauer entzogen, welche besonders bei den hintersten Wagen im Zuge, die zuletzt an Ort und Stelle kamen und zurückgeschoben werden mufsten, unangenehm empfunden werden konnte, wenn nicht mit der gröfsten Beschleunigung entladen und beladen wurde; wirkliche Uebelstände haben sich jedoch aus dieser Art der Förderung und des Materialvertriebes, Dank dem Sohlstollenbetriebe, auch nicht im geringsten herausgestellt.

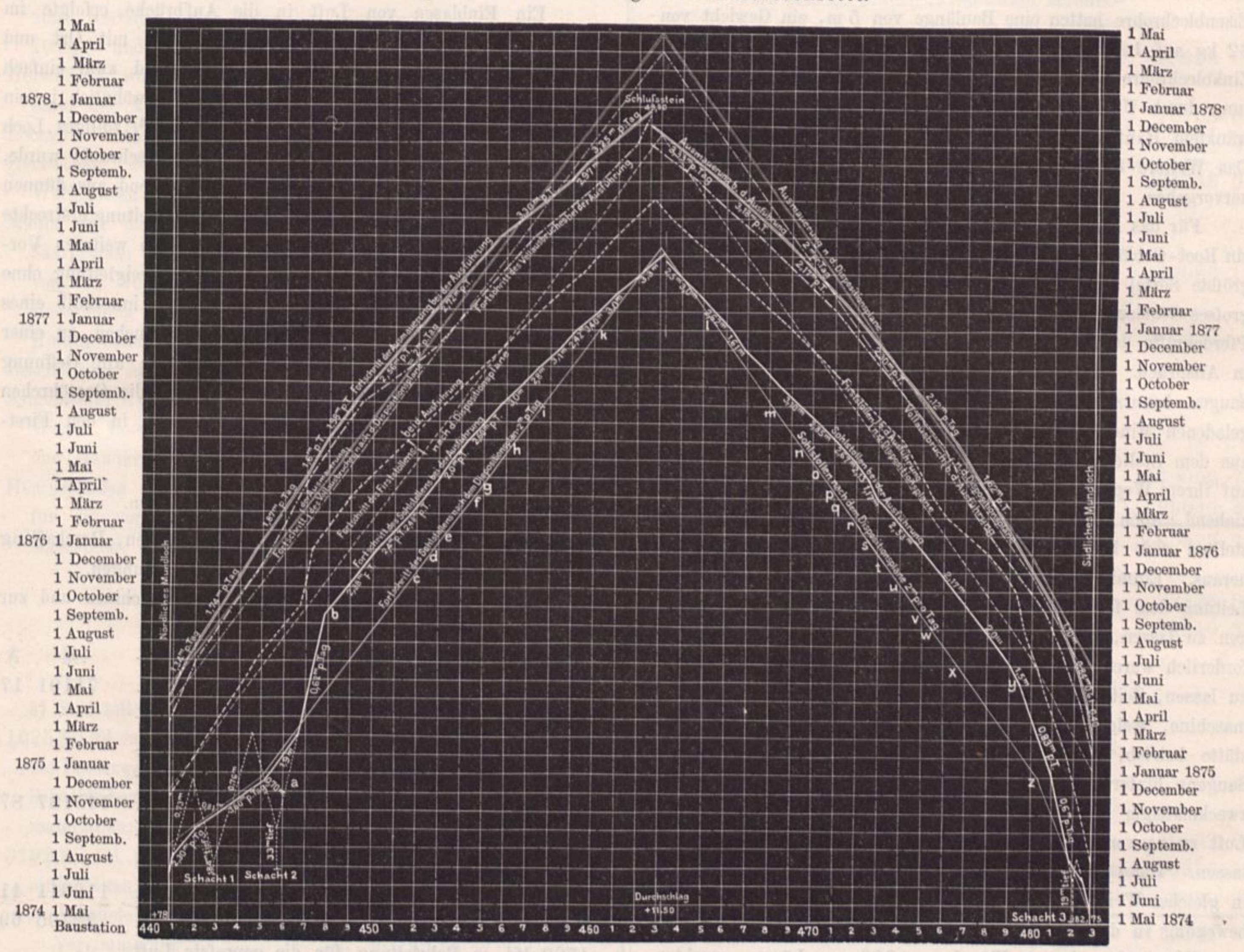
Anfangs wurde die Förderung entsprechend den vier Bohr- und Schutterschichten, welche durchschnittlich in 24 Stunden am Stollenort sich ergaben, in vier Zügen zu 15 Wagen bewirkt, so dafs also immer annähernd nach sechs Stunden der Wagenwechsel erfolgte. Da jedoch die Zeitdauer der Bohrschichten nach der Gebirgsart sich änderte, so konnte ein Fahrplan nicht genau eingehalten werden, vielmehr mufste derselbe je nach dem Stande der Arbeit am Stollenorte dann und wann eine kleine Aenderung erleiden. Die hierdurch bedingten Uebelstände wurden auf der Westseite durch die Einführung der oben beschriebenen Förderung der Stollenberge vermittels der schiefen Ebene (Fig. 1 und 2 auf Blatt 12) gehoben, bei welcher eine so grofse Anzahl Wagen für den Stollenbetrieb in den Sohlstollen gebracht und ohne zeitraubendes Hin- und Herschieben beladen werden konnte, dafs thunlichste Unabhängigkeit des Sohlstollenbetriebes von der übrigen Tunnelförderung erreicht und nunmehr ein genauer Fahrplan eingehalten wurde.

Auf der Südseite des Tunnels war die Förderung insofern von der vorstehend geschilderten verschieden, als dort acht Züge in 24 Stunden, also die doppelte Anzahl gefördert wurden. Dies war deshalb nöthig, weil dort der beladene Zug in einer Steigung von 1 : 300 (auf der Südseite in einem Gefälle von 1 : 200) aus dem Tunnel gefahren und daher die Zuglänge beschränkt werden mufste. Bei diesem häufigeren Wagenwechsel war es selbstverständlich viel leichter möglich, für den Sohlstollenvortrieb rechtzeitig die erforderlichen Wagen zur Verfügung zu stellen. Dieser Umstand gab auch Veranlassung, die Hülfsförderung auf der schiefen Ebene hier nicht einzuführen, sondern die ebenerdige Schiebebühne, vermittelst welcher ein vor Stollenort beladener Wagen in eine seitliche Ausweitung des Sohlstollens geschoben und die Strecke bis vor Stollenort für einen leeren Wagen frei gemacht wurde, bis zum Durchschlage des Stollens im Gebrauch zu lassen.

Um die Wetter im Tunnel durch den Rauch der Locomotiven möglichst wenig zu verschlechtern, wurde mit Koks gefeuert und mit gutem Feuer und hoher Dampfspannung in den Tunnel gefahren, sodafs ein Aufheizen mit frischem Brennmaterial im Tunnel selten nöthig war; auch mufste sich die Locomotive, um ihren Aufenthalt im Tunnel thunlichst einzuschränken, sobald sie den leeren (bezw. mit Zimmerungs- und Mauermaterial beladenen) Zug in das Ausweichegeleis gedrückt hatte, sofort vor den beladenen Zug setzen und diesen hinausfahren, unbekümmert darum, ob etwa noch einige Wagen fehlten oder nicht.

Wie sehr die im Vorigen geschilderte Förderung allen Anforderungen entsprach, geht wohl am besten daraus hervor, dafs die Unternehmer, welchen die Herstellung des Restes der Vollausbruchs- und Mauerarbeiten im letzten Quartal des Jahres 1876 übertragen wurde, monatlich 90 lfd. m auf jeder Tunnelseite fertig stellten, obgleich sie nur zu einer Leistung von 65 lfd. m vertraglich verpflichtet waren. Im Monat Juni 1877 wurde die Leistung auf der Südseite sogar bis auf 124 lfd. m gesteigert. Zu solchen Leistungen hätten sich die Unternehmer gewifs nicht entschliefsen können, wenn nicht die Förderung in vollem Mafse allen Wünschen gerecht geworden wäre. Gegen eine mäfsige Entschädigung wären die Unternehmer aber gern zu einem noch stärkeren Betriebe bereit gewesen, doch lag hierfür mit Rücksicht auf den Stand der übrigen Bauarbeiten der Moselbahn keine Veranlassung vor.

Graphische Darstellung der Baufortschritte.



a, *z*. Beginn der Maschinen-Bohrarbeit nach dem Arbeitsplane.
b, *y*. Wirklicher Beginn der Maschinen-Bohrarbeiten. Obgleich die Bohrmaschinen bei *b* schon Mitte August, bei *y* Mitte Mai angesetzt waren, kamen sie doch erst Mitte Septembar bezw. Ende Mai in regelmäfsigen Gang.

Unterbrechungen fanden statt bei:
d, *t*, *k*, *g*, *h*, *n* durch Feiern während der Festtage (24 bezw. 36 und 48 Stunden),
c, *t* durch Defecte an der Rohrleitung (9 bezw. 68 Stunden),
e, *f*, *i* (je 33, 61 u. 40 Stunden) durch Verbauen in druckhaftem Gebirge,
l durch Maschinendefecte, 34 Stunden,
p durch Anhauen eines Wassersackes und Verwässerung des Stollens, 14 Tage,
q, *r*, *s*, *u*, *v*, *w*, *x* durch Defecte an den Maschinen und Rohrleitungen (bezw. 32, 36, 68, 34, 22, 68 u. 83 Stunden);
o langsamer Fortschritt durch ungünstiges Gebirge.

Vorstehend sind die Baufortschritte der sämtlichen Tunnelarbeiten graphisch dargestellt. Zunächst geht daraus hervor, dafs nach erfolgtem Durchschlage die Leistung bei den übrigen Arbeiten sich um 18 pCt. vermehrte, welche Zahl die Abhängigkeit dieser Arbeiten (Firststollen, Vollausbruch, Ausmauerung) vom Sohlstollenvortriebe darstellt. Es ist hierbei zu berücksichtigen, dafs, wie eben erwähnt, keine Veranlassung vorlag, die Arbeiten über den nach Beendigung des Sohlstollenvortriebes von selbst sich ergebenden regelmäfsigen Fortschritt durch Vermehrung der Angriffsstellen zu verstärken. Man hätte aber ohne weiteres nur unter Verstärkung der Belegschaften die Zahl der Angriffsstellen auf jeder Seite um etwa zwei vermehren, also anstatt der bisherigen fünf Angriffsstellen deren sieben in Betrieb nehmen und hiermit die Baufortschritte um weitere 40 pCt erhöhen, also den Gesamtbetrag auf rund 4,5 m fertigen Tunnels für den Tag bringen können.

h) Die Lufterneuerung.

Als die lediglich durch die Compressoren bewirkte Lufterneuerung nicht mehr ausreichend erschien, entschlofs man sich zur Anlage einer zweiten, behufs Verminderung der Reibungswiderstände möglichst weiten Rohrleitung. Man wählte für die Stellen, an denen die Bauarbeiten noch im Gange waren, Eisenblechröhren (Blechstärke 3 mm) und für die fertigen Tunnelstrecken die billigeren Zinkblechröhren (Blech Nr. 15) und gab denselben den mit Rücksicht auf den beengten Raum im Stollen zulässig gröfsten Durchmesser von 0,4 m. Die genieteten Eisenblechrohre hatten eine Baulänge von 5 m, ein Gewicht von 32 kg auf 1 lfd. m und Winkeleisenringe als Flanschen. Die Zinkblechrohre hatten keine Flanschen, vielmehr wurde die Dichtung durch Ueberschiebung (das eine Ende mit in Mennige getränktem Hanf umwickelt) bewirkt, die Baulänge betrug 2,5 m. Das Weitere dürfte aus den Figuren 10 bis 13 auf Blatt 10 hervorgehen.

Für das Einblasen der Luft wurde zunächst auf jeder Seite ein Root-Gebläse Nr. 9 der Mannheimer Maschinen-Fabrik (damals gröfste Sorte) beschafft und nach kurzer Zeit ein zweites gleich grofses Gebläse hinzugefügt. Beide zusammen nahmen 13 effective Pferdekräfte der Zwillings-Bockmaschine der Werkstätte dauernd in Anspruch. Anfangs wurden diese Apparate zeitweise zum Saugen benutzt, besonders um nach dem Abfeuern der stark geladenen Minen vor Stollenort die sehr dichten Dynamitgase aus dem Stollen zu saugen, und so zu verhindern, dafs diese, auf ihrem Wege aus dem Tunnel durch sämtliche Arbeitsstellen ziehend, auch die sämtlichen Arbeiter belästigten. Indessen stellten sich bei dieser Art des Betriebes bald Schwierigkeiten heraus. Einmal war es nicht leicht möglich, auch diese zweite Leitung dem fortschreitenden Stollenorte immer unmittelbar folgen zu lassen, dann aber hatten die Vorkehrungen, welche erforderlich waren, um die Gebläse abwechselnd saugen und blasen zu lassen, Zeitverluste und Störungen auch im Gange der Bockmaschine, welche zugleich die Werkzeugmaschinen der Werkstätte betrieb, zur Folge; aufserdem blieb die Wirkung des Saugens hinter den Erwartungen erheblich zurück, sodafs es zweckmäfsiger erschien, die Gebläse lediglich zum Einblasen der Luft zu verwenden, also beständig in demselben Gange zu belassen. Diese Gebläse und die Compressoren wirkten demnach in gleicher Weise und brachten eine merkliche und stetige Luftbewegung in der Richtung zum Tunnelmunde hervor.

Die Gebläse hatten Flügel von 900 mm Länge, machten durchschnittlich 300 bis 350 Umgänge in der Minute und lieferten in dieser Zeit, wie durch wiederholte Messungen mit dem Anemometer festgestellt wurde, bei 1500 m Rohrlänge 50 cbm Luft in den Tunnel. Die Pressung der Luft in der Rohrleitung in unmittelbarer Nähe der Gebläse entsprach, wenn beide Apparate 350 Umgänge in der Minute machten, einer Wassersäule von 400 mm. Als die Leitung die Länge von 1900 m erreicht hatte, betrug die Leistung der Gebläse noch 350 cbm in der Minute.

Im ganzen wurden durch diese Anlage in 24 Stunden durchschnittlich 40000 bis 70000 cbm Luft (verschieden je nach der Länge der Leitung) in den Tunnel geblasen. Diese Luftmenge nebst derjenigen, welche beim Betriebe der Bohrmaschinen ausströmte, genügte jedoch auf die Dauer nicht, um eine Erneuerung der Luft in wünschenswerther Weise zu bewirken. Es erschien daher im letzten Betriebsjahre geboten, die Compressoren ununterbrochen, also auch während der Schutterzeit, im Gange zu halten. Da während dieser Zeit selbstverständlich der Hahn am Ende der Rohrleitung vollständig geöffnet blieb, die Luft also frei ausströmte, so arbeiteten die Maschinen nur gegen einen Luftdruck von $^1/_2$ Atmosphäre, infolge dessen der Kohlenverbrauch während dieser Zeit ein verhältnifsmäfsig geringer war. Bei diesem Betriebe lieferten die Compressoren eine Luftmenge von 18240 cbm in 24 Stunden, sodafs im ganzen täglich 58000 bis 90000 cbm Luft in den Tunnel gedrückt wurden.

Ein Einblasen von Luft in die Aufbrüche erfolgte im allgemeinen nicht; nur die Firststollenstrecken mit Ort und Gegenort erhielten eine kleine Luftleitung, und zwar einfach dadurch, dafs in ein Rohr der Druckleitung (gewöhnlich in ein Compensationsrohr, Fig. 11 auf Blatt 10) ein $^3/_4$zölliges Loch mit Gewinde eingebohrt und ein Hähnchen eingeschraubt wurde, an welches sich eine kleine Zweigleitung, bestehend aus dünnen biegsamen Gasröhrchen, anschlofs. Diese kleine Leitung erstreckte sich bis in die Nähe des Firststollenorts. Beim weiteren Vorrücken des Orts erfolgte ein Verlegen dieser Zweigleitung ohne jede Störung und Absperrung der Druckleitung innerhalb eines Zeitraumes von zwei Stunden, indem das Hähnchen an einer anderen Stelle der Druckleitung eingesetzt, die alte Oeffnung durch einen Schraubenbolzen geschlossen und die Gasröhrchen durch das dem Orte zunächst liegende Rollloch in den Firststollen geführt wurden.

i) Zusammenstellung der Kosten.

A. Allgemeine Anlagen, Zurichten der Baustellen, Beschaffung und Unterhaltung der Transporteinrichtungen.

a) Anlagen zum Betriebe der Gesteinsbohrmaschinen und zur Lufterneuerung:

	ℳ	₰
2 Maschinenhäuser, 2 Schmieden, 2 Werkstättenhäuser, Brunnenanlagen	71101	17
4 Compressionsmaschinen, 2 Werkstättendampfmaschinen, 6 Dampfkessel, 2 Luftbehälter, einschl. Fundamentirung, Einmauerung, Aufstellung	115187	87
40 Ferroux- und 2 Sachs'sche Gesteinsbohrmaschinen, 4 Bohrgestelle und einige andere Bohrgeräthe	112311	41
Bohrer, Bohrstahl	22705	69
4500 lfd. m Rohrleitung für die geprefste Luft einschl. Verlegung und Unterhaltung	53709	54
Ausrüstung der Werkstätten (Hobelbänke, Drehbänke, Bohrmaschinen, Schraubstöcke), der Schmiede (Schmiedeessen, Dampfhammer, Schmiedegeräthe), Schreinergeräthe u. dgl.	59164	24
Werkstattsmaterialien, Eisen, Stahl, Schmiedekohlen	128189	21
Instandhaltung der Bohrmaschinen, Bohrgeräthe, Bohrer, der Compressionsmaschinen, Werkstättendampfmaschinen, Kessel	65149	14
Beschaffung von 4000 lfd. m Rohrleitung für die Lüftung der 4 Root'schen Gebläse und der 2 grofsen Ventilatoren einschl. Verlegung, Aufstellung und Unterhaltung	77094	50
Löhne für Maschinen-, Kesselwärter und Arbeiter	12870	88
zu übertragen	717483	65

Uebertrag 717483 65

Kohlen zur Kessel- und Locomotivheizung, Oel, Putzwolle 216718 72

Heranschaffen der Kohlen . . . . 130895 —

Summe a) . 1065097 37

b) Zurichtung der Baustelle, Beschaffung und Unterhaltung der Transportgeräthe:

Herstellung von Lagerplätzen, Materialschuppen . 23335 —

Herstellung der beiden Löschplätze an der Mosel, Zufahrtsrampen zu denselben, Beschaffung der zum Verladen der Materialien erforderlichen Dampf- und Handkrahne 70150 42

Herstellung von Baubuden, Speisehallen, Baubüreaus der Aufseher 16428 76

Locomotiv- und Wagenreparaturschuppen . . . 5109 70

Herstellung der Telegraphenleitungen von den Werkstätten bis vor Stollenort 3647 19

Miethe für die von der Betriebsverwaltung der Saarbrücker Eisenbahn entliehenen 4 Locomotiven, rd. 30000 lfd. m alte Eisenbahnschienen, Beschaffung von Schwellen, Verlegen der Geleise, Heranschaffen der Locomotiven und Schienen . 262497 51

Beschaffung von Tunnelförderwagen 127661 37

Allgemeiner Werkstättenbetrieb: Instandhalten der Wagen, Locomotiven, Geräthe, Weichen, Dampf- und Handkrahne 218486 21

Heranschaffen und Ausladekosten im allgemeinen, für die verschiedensten Materialien, Geräthe, Maschinen, Schienen 252516 96

Summe b) . 979833 12

hierzu Summe a) . 1065097 37

mithin Summe A. . 2044930 49

B. Bergmännische Arbeiten.

a) Sohlstollen.

1025,50 lfd. m Sohlstollen durch Hand aufgefahren, die Förderwagen der Berge zur Hälfte durch die Schächte bewirkt, einschl. Beschaffung der Sprengmaterialien, der Verzimmerung . . . . . . 199857 —

3192,25 lfd. m Sohlstollen mit Bohrmaschinen aufgefahren:

Arbeitslohn . . . . . ℳ 515426,49

Verzimmerung . . . . ℳ 90793,16

Fortschaffen der Berge . ℳ 69179,99

Sprengmaterialien . . . ℳ 191823,07

(1442 Ctr. Dynamit, Zündschnüre)

Herstellen von Ausweichestellen, Wechsel-Schiebebühnen und schiefe Ebenen . . . ℳ 45892,67

für verschiedene Geräthe . ℳ 6046,90

919162 28

Summe a) . 1119019 28

b) Auffahren des Firststollens in einer Länge von 4140,55 lfd. m, einschl. Verzimmerung, Sprengmaterialien, Förderung der Berge . 551049 03

c) Herstellung des gesamten Vollausbruchs (mit Ausnahme des First- und Sohlstollens) einschl. der Verzimmerung, der Sprengmaterialien, des

zu übertragen 1670068 31

Uebertrag 1670068 31

Transports der Berge in einer Länge von 4204,74 m 2590201 32

d) Aussprengen des Wassercanals in einer Länge von 4300 m . . . . 99900 —

e) Für Wasserschöpfarbeiten 48961 24

Summe B. . 4409130 87

C. Herstellung des Mauerwerks.

a) Herstellung von 4204,75 lfd. m Tunnelmauerwerk einschl. Transport sämtlicher Materialien von den Lagerplätzen zu den Verwendungsstellen, Zurichten der Steine . . 895998 06

Herstellung von 89 lfd. m Sohlgewölbe einschl. Ausschachtung, Abspreizung 16705 08

Dichtung des Gewölbes 9042 90

Summ a) . 921746 04

b) Ausmauerung des Wassercanals 24458 90

Beschaffung der Canaldeckplatten 33573 22

Summe b) . 58032 12

c) Beschaffung von:

78976 cbm Steine . . ℳ 1144767,65

91469 Ctr. Kalk . . ℳ 134885,70

19149 cbm Sand . . ℳ 100801,74

3394 Tonnen Cement . ℳ 37091,60

128482 Ctr. Trafs . . ℳ 154553,06

Summe c) . 1572099 75

d) Beschaffung der Lehrbögen 29045 46

mithin Summe C. . 2580923 37

D. Herstellung, Einrichtung und Inbetriebsetzung der 3 Schächte einschl. Fördergeräthe . . 28828 85

E. Herstellung der beiden Portale 22210 36

F. Sonstige Kosten:

Arbeiten an den Voreinschnitten ℳ 23798,58

Geometrische Geräthe, Tagelöhne an Mefsgehülfen . . . . ℳ 1910,54

Entschädigungen verletzter Interessen von Privatpersonen . . . ℳ 5128,75

Summe F. . 30837 87

Hierzu Summe A, wie oben 2044930 49

desgl. Summe B, desgl. 4409130 87

Demnach Gesamtsumme = 9116861 81

Veranschlagt man den verbliebenen Werth der noch im guten Zustande befindlichen Compressionsmaschinen, der Dampfkessel, der Gesteinsbohrmaschinen, der Bohrgestelle, der Werkstattseinrichtungen (Dampfmaschinen, Hobel- und Drehbänke, Schraubstöcke, Dampfhammer u. s. f.), der Rohrleitungen, der Förderwagen, der Lehrbögen, sowie des auf der Nordseite verbleibenden Löschplatzes mit Rampengeleise auf 300000 ℳ, so ergeben sich als Baukosten für 1 lfd. m fertigen Tunnels rd. 2100 ℳ.

Hiervon entfallen auf Herstellung:

α) des Sohlstollens auf 1 lfd. m annähernd . . 440 ℳ

β) des Firststollens . . . . 140 ℳ

γ) des Vollausbruchs . . . . 730 ℳ

δ) der Mauerung . . . . 680 ℳ

ε) verschiedene Kosten . . . . 110 ℳ

zusammen . 2100 ℳ

α) Kosten zur Herstellung des Sohlstollens, 9,45 qm Querschnitt.

Von den vorstehend unter A b) aufgeführten und insgesamt zu rd. 979833,12 *M.* ermittelten Kosten werden dem Sohlstollen zur Last fallen rd. 600000 *M.*

Die Kosten zur Herstellung des Sohlstollens würden sich aus folgenden Einzelbeträgen für 1 lfd. m zusammensetzen:

für allgemeine Anlagen	150 *M.*
Arbeitslohn	170 *M.*
für Verzimmerung*)	20 *M.*
Transportkosten	17 *M.*
für Sprengmaterialien**)	45 *M.*
verschiedene Kosten (Ausweichestellen u. s. w.)	38 *M.*
Summe	440 *M.*

β) Kosten zur Herstellung des Firststollens, 6 qm Querschnitt.

Arbeitslohn im Mittel für 1 lfd. m	60 *M.*
Für Verzimmerung	10 *M.*
Transportkosten	15 *M.*
Für Sprengmaterialien	33 *M.*
Verschiedene Kosten	22 *M.*
Summe	140 *M.*

γ) Kosten zur Vollendung des Vollausbruchs.

1. Herstellung der Bogenorte 14 qm Querschnitt:		
Arbeitslohn im Mittel für 1 lfd. m	70 *M.*	
für Sprengmaterial	26 *M.*	
		= 96 *M.*
2. Herstellung des Schwellenvorbruchs 12 qm Querschnitt:		
Arbeitslohn	76 *M.*	
für Sprengmaterial	28 *M.*	
		= 104 *M.*
3. Entfernung der Stöfse, 25,5 qm Querschnitt:		
Arbeitslohn	90 *M.*	
für Sprengmaterial	23 *M.*	
		= 113 *M.*
4. Holzverbrauch		150 *M.*
5. Transportkosten		123 *M.*
6. Herstellung des Wassercanals einschl. Sprengmaterial		24 *M.*
7. verschiedene Kosten		120 *M.*
Summe		730 *M.*

δ) Kosten zur Herstellung des Tunnelmauerwerks:

Arbeitslohn im Durchschnitt für 1 lfd. m	125 *M.*
für Schalung und Lehrgerüste	25 *M.*
für Auf- und Abladen, sowie Förderung der Mauermaterialien bis zur Verwendungsstelle für 1 lfd. m	60 *M.*
zu übertragen	210 *M.*

*) 1 cbm Holz kostete auf dem Lagerplatz durchschnittlich 30 *M.*

**) 1 Ctr. Dynamit kostete durchschnittlich 120 *M.*; auf 1 Ctr. sind 8 Ringe Zündschnur und 80 bis 100 Stück Zündhütchen zu rechnen.

Uebertrag	210 *M.*
Ausmauerung und Abdeckung des Wassercanals einschl. Deckplatten u. dgl.	20 *M.*
für Steine, Kalk, Sand, Trafs, Cement	370 *M.*
verschiedene Kosten	80 *M.*
Summe	680 *M.*

k. Bauzeit und Fortschritt.

Die Bauarbeiten wurden auf der Südseite im Mai, auf der Nordseite im Juli 1874 in Angriff genommen.

Bis zur Inbetriebsetzung der Gesteinsbohrmaschinen erfolgte das Auffahren des Sohlstollens auf beiden Seiten sowohl von Tage, als auch von den bereits erwähnten 3 kleinen Schächten aus mit Ort und Gegenort.

Der Fortschritt an den verschiedenen Stollenörtern — während einer kurzen Zeit wurde der Stollen von 8 Oertern angetrieben — betrug 0,5 bis 0,8 m für jedes Ort und je 24 Stunden.

Auf der Südseite konnten im Mai und auf der Nordseite im August 1875 die Gesteinsbohrmaschinen in Thätigkeit gesetzt werden. Bis zu diesen Zeitpunkten waren durch Handbetrieb auf der Nordseite 694,50 lfd. m und auf der Südseite 331 lfd. m, also im ganzen bereits 1025,50 lfd. m Sohlstollen aufgefahren.

Mit Hülfe der Gesteinsbohrmaschinen wurde anfangs vor jedem Ort ein monatlicher Fortschritt von 50 bis 60 m erzielt, welcher sich allmählich bis auf 90 m und auf der Nordseite, wo für die Förderung der Berge die sogenannte schiefe Ebene eine erhebliche Erleichterung schaffte, in den letzten Monaten bis 170 m steigerte. Ende April 1877 waren die beiden Stollenörter bereits so nahe an einander gerückt, dafs es zur Sicherheit der Belegschaften geboten erschien, die Arbeiten an einem Orte, dem südlichen, einzustellen. Der Durchschlag erfolgte am 4. Mai. Am 15. Mai wurde dieses glückliche Ereignifs in Anwesenheit des damaligen Herrn Ministers der öffentlichen Arbeiten, des Herrn Oberpräsidenten der Rheinprovinz, der Vertreter der Königlichen Regierung in Coblenz, der Königlichen Eisenbahn-Direction in Saarbrücken und vieler anderer Gäste von nah und fern in einer der Gröfse des Werkes würdigen Weise gefeiert. Sieben Monate nach dem Stollendurchschlage, nämlich am 22. December 1877 wurde der Schlufsstein in das Gewölbe eingefügt und acht Tage später, am Neujahrstage 1878, fuhr der erste Personenzug auf dem provisorischen Geleise durch den fertigen Tunnel.

Unter dem 30. Mai 1877 geruhten Se. Majestät der Kaiser zu genehmigen, dafs dieses Bauwerk fortan den Namen führe:

Kaiser Wilhelm-Tunnel.

Der Bau der Moselbahn erfolgte seitens der Königlichen Eisenbahn-Direction zu Saarbrücken durch den Regierungs- und Baurath Früh. Das vorbeschriebene Bauwerk befand sich in der Abtheilung des Unterzeichneten und gelangte unter der besonderen Leitung des Sections-Baumeisters Schunk und des Sections-Ingenieurs Haupt zur Ausführung. Als Maschinentechniker ist bei diesem Bau der Eisenbahn-Werkmeister Axer thätig gewesen.

Lengeling.

Ueber schwedische Canäle.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 14 bis 16 im Atlas.)

Nachstehende Reiseaufzeichnungen behandeln einige der wichtigeren Canäle des Königreichs Schweden, nämlich den Trollhätta-, Göta-, Dalsland- und Kinda-Canal, sämtlich im Gebiete des Wener- und des Wetter-Sees belegen und in technischer Hinsicht mancherlei Bemerkenswerthes darbietend. Die gesamten künstlichen Wasserstrafsen Schwedens sind in dem Werke: „Die Wasserstrafsen Nord-Europas" von M. M. v. Weber, besonders in Bezug auf ihre Geschichte, ihre natürlichen, Handels- und Ertrags-Verhältnisse, ausführlich besprochen worden, sodafs hier aus diesen Gebieten nur so viel, als zum Verständnifs nöthig ist, mitgetheilt werden soll, im übrigen aber auf das gedachte Werk verwiesen wird. Der Einzelbesprechung der genannten Canäle mögen einige Bemerkungen allgemeiner Art vorangehen.

Der mittlere Theil des südlichen Schwedens ist, wie die Uebersichtskarte auf Blatt 14 zeigt, ungemein mit wasserreichen und tiefen Seen und Flüssen bedacht, welche vielfach Anlafs gegeben haben, durch Anlage von Verbindungscanälen Wasserwege von grofser Längenausdehnung und mit bedeutendem Zufuhrgebiete herzustellen. Nur sehr wenige dieser Canäle stellen indefs eine Verbindung zweier verschiedener Flufs- oder Seegebiete unter Ueberschreitung der dazwischen liegenden Wasserscheide dar. Weitaus die Mehrzahl folgt einem gröfseren Flufs, bei welchem Wasserfälle und Stromschnellen mit ruhigen, für die Schiffahrt geeigneten Stromstrecken wechseln, oder einer längeren Reihe von Seen, welche bereits durch Wasserfälle oder unfahrbare Bergströme in natürlicher Verbindung stehen. Dem entsprechend beschränken sich die Kunstbauten dieser Wasserstrafsen gröfstentheils auf kurze, oft weit von einander entfernte Canalstrecken mit Schleusen, welche zur Umgehung der Wasserfälle und Stromschnellen angelegt sind. Mam kann sie daher füglich Canalisirungen der betreffenden Wasserläufe nennen, bei welchen die Wehre zur Sammlung des natürlichen Gefälles nicht erst künstlich anzulegen, sondern bereits von der Natur in den Wasserfällen gegeben waren. Es besitzen also diese Canäle keine Scheitelstrecken, sie bedürfen keiner Speisevorrichtungen, und es ist nirgends erforderlich, besonderes Gewicht auf Wasserersparnifs zu legen. Nur in sehr seltenen Fällen entsteht die Nothwendigkeit, kurze Canalstrecken auf Dammschüttung auszuführen.

Die bedeutendste Ausnahme von dieser Regel bildet der Göta-Canal, welcher die Ostsee mit dem Wener-See verbindet und auf der Strecke zwischen letzterem und dem Wetter-See eine Wasserscheide überschreitet. Doch auch dessen Scheitelstrecke fällt in gleiche Höhe mit dem nicht unbedeutenden Wiken-See, und es ist somit, mit Ausnahme ganz aufsergewöhnlich trockener Jahre, ein Mangel an Speisewasser nicht zu fürchten.

Die Mehrzahl der wichtigeren Canäle Schwedens steht unmittel- oder mittelbar in Verbindung mit einem der drei gröfsten Binnenseen des Landes, dem Wener-, Wetter- und Mälar-See, von denen der erste rd. 5500 qkm, der zweite etwa 1900 qkm Wasserfläche hat. Es sind diese Seen berüchtigt wegen der starken Stürme, welche sich oft plötzlich auf ihnen erheben; die auf ihnen verkehrenden Fahrzeuge bedürfen daher einer sehr festen und zweckmäfsigen Bauart und Ausrüstung. Die Segelschiffe sind vielfach mit zwei, auch mit drei Masten ausgestattet, und die Dampfschiffe erhalten Maschinen bis zu 60 Pferdekraft bei 110 Tonnen Tragkraft. Dieser Umstand ist bestimmend gewesen für die Normal-Abmessungen der Canäle und Schleusen, welch letztere der Bauart der Schiffe entsprechend eine sehr grofse Tiefe und Breite im Verhältnifs zur Länge erhalten haben. Während in Deutschland als Regel für die Canalschiffe vielfach das Verhältnifs von Tiefe zur Breite zur Länge wie 1 : 4 : 30 gilt und dem angemessen dasselbe bei den Schleusen der Canäle zweiter Klasse wie 1 : 2,76 : 21,3 sich gestaltet, findet man beispielsweise beim Göta-Canal dafür die Verhältnifszahlen 1 : 2,87 : 13,9 bezw. 1 : 2,36 : 12. Da die den Wener- und Wetter-See befahrenden Fahrzeuge in den meisten Fällen seetüchtig genug sind, um die Küsten der Ostsee und Nordsee innerhalb der Schären zu befahren, so werden häufig die Erzeugnisse des Binnenlandes ohne zeitraubendes und kostspieliges Umladen unmittelbar nach den Handelsplätzen an den beiden Meeresküsten geschafft.

Durch die seeschiffmäfsige Ausrüstung der Canalfahrzeuge ist die Anlage fester Brücken über die Canäle vollständig ausgeschlossen.

Naturgemäfs ist der Wasserwechsel in den von den Canälen berührten Seen im allgemeinen nicht bedeutend. Den stärksten Unterschied zwischen niedrigstem und höchstem Wasser besitzt der Wener-See, nämlich 2,67 m, während beim Wetter-See nur 0,80 m, bei den kleineren Seen im Durchschnitt 1,50 m als gröfster Wasserstands-Unterschied anzunehmen ist. Diese Schwankungen treten überdies nur sehr langsam in wiederkehrenden Zeitabschnitten ein, welche oft mehrere Jahre umfassen. Die unmittelbar an einen See anschliefsenden Canalstrecken haben in der Regel ihr Normalwasser in gleicher Höhe mit dem Niedrigwasser des Sees, bei höheren Wasserständen in demselben werden sie durch Schleusen mit gleich hohen Drempeln, „bestimmende Schleusen" genannt, abgeschlossen. Geringe Wasserschwankungen in den Canalstrecken sind in den meisten Fällen ohne Nachtheil.

Noch in einigen anderen Punkten hat der nahe Zusammenhang der grofsen Seen mit den Canälen beeinflussend auf den Bau und die Unterhaltung der letzteren gewirkt. Sehr von Vortheil für die Unterhaltung ist der Umstand, dafs sich das Wasser der Quellflüsse in den grofsen Seebecken vollständig abklärt und frei von allen Sinkstoffen in die Canäle eintritt. Arbeiten zur Erhaltung der Fahrtiefe werden daher fast nur an einigen in Erdboden ausgeführten Canalstrecken nothwendig, deren Ufer durch die von den Dampfern erzeugten Wellen in Abbruch versetzt werden.

Dagegen waren auf zwei Punkte, welche bei unseren Schiffahrtscanälen eine untergeordnete Rolle zu spielen pflegen, seitens der schwedischen Canalgesellschaften besondere Sorgfalt und Kosten zu verwenden, nämlich auf den Ausbau von Häfen und auf die Bezeichnung des Fahrwassers in den Binnenseen. Die ersteren ähneln den Häfen der Ostseeküste in vielen Punkten, sie sind vielfach zum Schutz gegen den starken Wellenschlag mit steinernen Hafendämmen eingefafst, welche theilweise aus einfacher Schüttung grofser natürlicher Steinblöcke bestehen, theilweise auch auf hölzernen Schwimmkasten fundirt und auf-

gemauert sind. In Verbindung mit diesen Molen stehen häufig Kaianlagen, mit einzelnen festen Krahnen besetzt. Auf den Canalstrecken selbst erfolgt das Löschen und Laden der Stückgüter gewöhnlich während des Durchgehens durch die Schleusen; zur Bewegung gröfserer Lasten sind an geeigneten Stellen hölzerne Krahne vertheilt. Die Bezeichnung der Fahrrinne in den Seen erfordert eine grofse Anzahl von Schiffahrtszeichen, welche in allen Arten, mehr oder weniger einfacher Natur, vorhanden sind. So finden sich einfache Stangen oder Büsche, kleine Fahnen, dann auch Bojen, Glockenbojen, kleine feste Leuchtfeuer, neuerdings auch Feuerschiffe.

Die Sperrung der Canäle durch den Winter ist im Durchschnitt vom 1. December bis 15. April zu rechnen. Der Nachtheil dieser langen Unterbrechung wird theilweise dadurch aufgewogen, dafs infolge der schon in diesem Theile Schwedens herrschenden hellen Sommernächte während eines grofsen Theils der Schiffahrtsdauer die Fahrzeuge ungehindert Tag und Nacht fahren können.

Beschreibung einiger Canallinien.

Das bedeutendste Canalunternehmen Schwedens, sowohl in Bezug auf den Umfang und die Schwierigkeiten der Bauausführung, als auf die Wichtigkeit für Handel und Verkehr ist die Verbindung zwischen Nordsee und Ostsee unter Benutzung des Wener- und Wetter-Sees, deren Uebersichtskarte und Höhenverhältnisse auf Blatt 14 gegeben sind. Zahlreiche natürliche und künstliche Wasserstrafsen schliefsen an diese Hauptlinie an und führen derselben die Erzeugnisse eines grofsen Theiles des südlichen Schwedens zur Weiterbeförderung nach den Handelsstädten der Ost- und Nordsee-Küste zu. Auch ist diese Canalverbindung ein beliebter Weg für den Handel zwischen den beiden Hauptverkehrsorten Schwedens, Stockholm und Gothenburg, da derselbe gegenüber dem Seewege um die Südspitze Schwedens herum zwar nicht zeitersparend, wohl aber sehr gefahrlos ist. Durch den Ausbau der schwedischen Eisenbahnen hat diese grofse Wasserstrafse allerdings eine sehr fühlbare Verkehrseinbufse erlitten und viel von ihrer früheren Wichtigkeit verloren. Doch beträgt die Anzahl der jährlich passirenden Fahrzeuge auf dem östlichen Theile noch immer 4000 bis 5000, auf dem westlichen etwa 7000 und ist jetzt in langsamem Steigen begriffen. Die besondere Bedeutung des Canals, dafs er die Möglichkeit bot, mit Umgehung des Sundzolls die Waaren der Ostsee nach der Nordsee und umgekehrt zu schaffen, hat er durch die Ablösung dieses lästigen Zolles im Jahre 1857 eingebüfst.

Es zerfällt diese interoceanische Verbindung, wie aus Blatt 14 zu ersehen ist, in zwei Haupttheile, die von verschiedenen Gesellschaften zu verschiedenen Zeiten ausgeführt sind, einen westlichen, den Trollhätta-Canal, und einen östlichen, den Göta-Canal. Der erstere verdient eine eingehendere Betrachtung.

Der Trollhätta-Canal umfafst die Schiffbarmachung des wasserreichsten Stromes Schwedens, der Göta-Elf. Er beginnt am Ausflufs derselben aus dem Wener-See, bei dem Städtchen Wenersborg, und besteht aus den zur Umgehung der Wasserfälle und Stromschnellen des Flusses angelegten Schleusencanälen; sein Ende befindet sich unterhalb der letzten starken Stromschnelle bei Ström, etwa 46 km oberhalb der an der Flufsmündung belegenen Stadt Gothenburg.

Das Verlangen nach einer Canalisirung der Göta-Elf ist nicht erst in neuerer Zeit empfunden worden. Schon im Anfang des 17. Jahrhunderts wurde unter Karl IX. zur Umgehung der unweit Wenersborg belegenen, etwa 6 m hohen Rånnumfälle eine Canalstrecke, der sogenannte Karlsgraben, mit zwei Schleusen, sowie eine Schleuse an der untersten Stromschnelle bei Ström angelegt. Diese Bauten gehören zu den ältesten derartigen Anlagen in Schweden. So war ein Theil des Flusses dem Schiffsverkehr geöffnet, immer aber lagen noch die 33 m hohen Wasserfälle bei Trollhätta als anscheinend unübersteigliches Hindernifs zwischen den beiden schiffbaren Stromstrecken, weshalb die Waaren für den Durchgangsverkehr mit Hülfe von Landfuhrwerk dort umgeladen werden mufsten. Der schon damals herrschende Wunsch jedoch, Ostsee und Nordsee unter Benutzung der Göta-Elf durch einen Schiffahrtscanal zu verbinden, veranlafste die namhaftesten Ingenieure Schwedens, sich mit Entwürfen zur Umgehung der genannten Wasserfälle zu beschäftigen. Zu Anfang des vorigen Jahrhunderts entwarf Polhem, angeregt durch Emanuel Swedenborg, einen aufserordentlich kühnen Plan zur Ueberwindung der Schwierigkeiten, welcher weiterhin näher erörtert werden soll. Schon hatte Karl XII. den Befehl zum Beginn der Arbeiten ertheilt, als sein bald darauf erfolgter Tod das Unternehmen im Keime erstickte. Erst im Jahre 1748 wurde das Werk von neuem aufgenommen und soweit gefördert, dafs im Jahre 1755 die Hauptarbeiten vollendet waren; eine starke Hochfluth zerstörte aber einen sehr wesentlichen Theil der Bauten und gab damit dem Unternehmen den Todesstofs. Infolge der auf dies Ereignifs eingekehrten Entmuthigung und ungünstiger politischer Verhältnisse wegen verging eine ziemlich lange Zeit, bis man den zweiten Versuch zum Bau einer Schleusentreppe in Trollhätta wagte. Dagegen wurden die alten Schleusen ober- und unterhalb dieses Ortes im Jahre 1768 von Daniel Thunberg neugebaut. Demselben Ingenieur ist auch der Entwurf zur Umgehung der Wasserfälle bei Trollhätta zu verdanken, welcher thatsächlich, wenn auch unter bedeutender Einschränkung der von ihm vorgeschlagenen Schleusenabmessungen, zur Ausführung gelangte, und zwar durch eine Actiengesellschaft, welche unter der technischen Leitung des Ingenieurs E. Nordwall den Bau in den Jahren 1795 bis 1800 vollendete. Diese Anlage enthält eine Schleusentreppe zu fünf und eine zu drei Kuppelschleusen. Nach Vollendung dieser Arbeit war die langersehnte Verbindung zwischen dem Wener-See mit seinem wald- und metallreichen Hinterlande und der Nordsee zur Thatsache geworden. Der Trollhätta-Canal umfafst, aufser der Anlage in Trollhätta selbst mit acht Schleusen, den Karlsgraben bei Wenersborg mit zwei Schleusen, sowie drei Schleusen in der unteren Göta-Elf bei Åkerström und Ström.

Bald jedoch zeigte sich, besonders nachdem inzwischen auch der Wener-See mit der Ostsee durch den Göta-Canal verbunden worden war, dafs die Schleusenlinie in Trollhätta nach Leistungsfähigkeit und Abmessungen dem anwachsenden Verkehr nicht mehr genügte, und es wurde daher in den Jahren 1838 bis 1844 die sogenannte neue Schleusenlinie, bestehend aus zwei Gruppen zu je vier und einer zu drei Schleusen, durch Niels Elricson erbaut. Die älteren Schleusen im oberen und untern Flufslauf waren bereits vorher einem abermaligen Umbau unterzogen worden.

Auf Blatt 14 ist ein Uebersichtsplan und Längenschnitt der Trollhättafälle gegeben, in welche die vorerwähnten drei Canalentwürfe eingetragen sind. Es mag zunächst der Polhemsche Entwurf besprochen werden.

Die einzelnen Wasserfälle und ihre Fallhöhen sind:

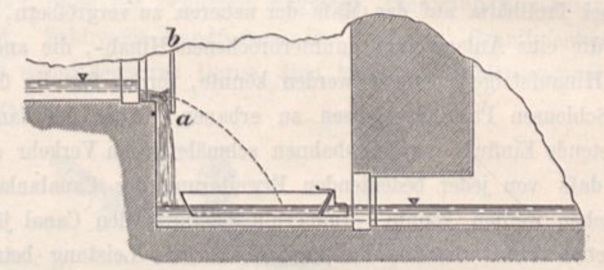
der Gullöfall mit rd.	7,0 m	Fall,
der Toppöfall mit rd.	13,0 m	„
der Stampeströmsfall mit rd.	2,5 m	„
der Helvetesfall mit rd.	8,0 m	„
der Flottbergström mit rd.	2,0 m	„
das Flufsgefälle zwischen den Fällen rd.	0,5 m	„
zusammen	33,0 m.	

Diese ganze Höhe wollte Polhem durch nur drei Schleusen überwinden, welche ihres erheblichen Gefälles wegen als Schachtschleusen ausgebildet wurden, d. h. Schleusen, deren Kammern schachtartig in den Fels eingearbeitet sind, und deren untere Thorkammern, um dem Unterthore nicht eine übermäfsige Höhe geben zu müssen, in einer Art Tunnel unter der stromabseitigen Abschlufswand der Kammer liegen.

Die oberste Schleuse, Ekebladschleuse genannt, erhielt ihren Platz in der Nähe des Gullöfalles; dieselbe hat 6,23 m Gefälle, ihr Unterwasser traf somit ungefähr mit dem Unterwasser des genannten Falles zusammen. Um das Fahrwasser des Canals vom Flufslauf zu scheiden, sollte in dem nur wenig tiefen Becken unterhalb der Schleuse ein Damm angelegt werden, der in dem Uebersichtsplan punktirt angegeben ist. Von hier führte ein kurzer, in den Felsen gesprengter Canal zur zweiten Schleuse, welche den Namen des Erbauers führte. Diese Polhemschleuse besafs das ungemein grofse Gefälle von 16,63 m, ungefähr gleich der Höhe der nächsten beiden Wasserfälle, des Toppö- und Stampeströmfalles, sodafs ihr Unterwasser mit dem Wasserstand in dem breiten, seeartigen Becken Hoijoms Varp genau zusammenfiel. Um den Rest des ganzen Flufsgefälles zu vereinigen, wurde nun noch innerhalb des Flottbergström, der letzten Stromschnelle, an einer sehr engen Stelle des Flufsbettes ein gewaltiges, etwa 12 m hohes steinernes Ueberfallwehr errichtet, der sogenannte Flottbergdamm, dessen Stau sich bis in das Unterwasser der Polhemschleuse erstreckte und somit den ganzen Flufstheil zwischen Flottbergström und Stampeströmfall in ein Seebecken verwandelte. Unmittelbar neben der Baustelle dieses Dammes steigt das linke felsige Ufer etwa 12 m hoch steil aus dem Wasser, um dann auf eine kurze Strecke eine flachere Böschungsneigung anzunehmen. Dieser Punkt wurde zur Anlage der Elvischleuse, der dritten, ausersehen, welche mit einer Fallhöhe von 9,80 m bis auf das Unterwasser des Flottbergdammes hinabreichte. Das gesamte Schleusengefälle beträgt somit $6{,}23 + 16{,}63 + 9{,}80 = 32{,}66$ m; der Unterschied von ungefähr 0,34 m gegen die obige Summe von 33 m ist auf das Flufsgefälle unterhalb der letzten Schleuse zu rechnen. Canalarbeiten waren nur in beschränktem Mafse dicht ober- und unterhalb der Schleusen nöthig, alle Arbeiten aber waren in sehr festem Granit auszuführen. Der Flottbergdamm ist ganz vollendet worden, die Schleusen dagegen sind es nur in den Hauptformen; von den Thornischen z. B. lassen sich nur die rohen Umrisse erkennen, zu der Ausmauerung derselben ist man aber anscheinend nicht mehr gekommen.

Noch vor der Vollendung erfolgte die Zerstörung. Eine plötzliche Hochfluth trat ein, welche grofse Massen Bauholz mit sich führte und damit den ohnehin engen Ueberfall des Flottbergdammes noch mehr versperrte. Dem nun entstehenden gewaltigen Drucke konnte der Damm nicht widerstehen und seine vollständige Zertrümmerung, bei der auch mehrere Menschen das Leben verloren, war die Folge. Nur am rechten Ufer sieht man noch jetzt hoch über dem Wasser einige Steinreste dieser Thalsperre. Nach diesem Unglücksfalle wurden die Arbeiten an den übrigen Werken eingestellt, sie sind auch nie wieder aufgenommen worden.

Sehr berechtigt erscheint die Frage, ob das gewaltige Unternehmen, wenn es glücklich zu Ende geführt worden wäre, mit Erfolg hätte dem Betriebe übergeben werden können? Zunächst fällt ins Auge, dafs der Zeitverbrauch für das Füllen und Leeren einer nahezu 17 m hohen Schleusenkammer ein ganz aufserordentlicher sein mufs. Aufserdem steht nicht fest, in welcher Art die Füllung hätte geschehen sollen. Umläufe in den Felsen bis zur Sohle der Schleusenkammern einzusprengen oder grofse eiserne Röhren über den Drempel hinweg nach unten zu führen, mufs für den damaligen Stand der Technik als nicht ausführbar angesehen werden, so dafs nur die Füllung durch Thorschützen, wie sie übrigens durchweg in Schweden üblich ist, übrig bleibt. Dabei aber würde das Wasser beim Oeffnen der Schütze bis an die Unterthore geströmt sein und die Fahrzeuge unter Wasser gesetzt haben. Einer der gegenwärtigen Ingenieure des Trollhätta-Canals sprach die Ansicht aus, dafs vielleicht beabsichtigt worden sei, nach beistehender



Zeichnung eine Tafel *a b* vor den Oberthoren hinabzulassen, sodafs das ausströmende Wasser sich daran brechen und senkrecht in die Kammer hinabstürzen mufste.

Sehr störend für die Schiffahrt würde die Nothwendigkeit gewesen sein, die Masten niederzulegen, da dies für die seeschiffmäfsig ausgerüsteten Canalfahrzeuge mit grofsen Schwierigkeiten verknüpft ist. Bedenklich ist ferner die Ausfahrt aus der untersten Schleuse, denn dort ist die Geschwindigkeit der Strömung noch so erheblich, dafs das Ausfahren aus der Schleuse sehr gefährlich und das Einfahren in dieselbe fast unmöglich werden mufste.

Trotz aller Bedenken aber erweckt die Betrachtung der gewaltigen Schleusenruinen bei dem Beschauer noch heute ein Gefühl der Bewunderung für den Mann, der diesen grofsartigen Plan zu erdenken und auszuführen wagte.

Wie oben erwähnt, vergingen nach dem Mifsgeschick, das Polhem betroffen hatte, volle 40 Jahre, bis der Ingenieur Nordwall den Thunbergschen Entwurf einer Schleusentreppe bei Trollhätta zur Ausführung brachte. Es wurde ein Canal, fast durchweg im Felsen, hergestellt, welcher oberhalb des ersten Wasserfalles auf dem linken Ufer beginnt und in ziemlich directer Linie bis zum Åkers-See führt, einem rd. 8 Hectar grofsen Wasserbecken in gleicher Höhe mit dem obern Flufslauf. Die Länge dieses Canals beträgt etwa 2000 m. Vom Åkers-See aus wurde der Abstieg nach dem unteren Flufslauf mittels einer oberen Treppe von fünf und einer unteren von drei Kuppelschleusen bewerkstelligt, zwischen denen ein Verbindungsbecken von 300 m Länge liegt. Der Canal hatte bei Mittelwasser im Flufs 2,50 m Wassertiefe, bei Niedrigwasser dagegen nur 1,63 m. Die Schleusen, welche noch jetzt in

regelmäfsiger Benutzung für kleinere Fahrzeuge stehen, haben 35,64 m Länge, 6,5 m Breite und Gefälle zwischen 3,50 und 4,43 m. Bei dieser Anlage wurden nach v. Webers Angabe 221400 cbm Erde bewegt, 125000 cbm Felsen gesprengt und 12550 cbm Mauerwerk hergestellt.

Wieder etwa 40 Jahre später erfolgte durch Baron Ericson der Bau der neuen Schleusenlinie. Die alte Canalstrecke wurde beibehalten, aber so erweitert und vertieft, dafs auch bei Niedrigwasser eine Tiefe von 2,97 m vorhanden war; die neuen Schleusen erhielten 35,64 m Länge und 7,13 m Breite bei 2,97 m Wassertiefe auf den Drempeln. Die neue Schleusenanlage geht gleichfalls vom Åkers-See aus und steigt in zwei Gruppen mit drei bezw. vier Schleusen zu dem Zwischenbecken der alten Linie, kreuzt hier die letztere und erreicht mit einer dritten Gruppe von vier Schleusen den Flufs. Die Schleusengefälle halten sich zwischen 1,63 und 3,37 m, die meisten Schleusen haben 3,12 m Gefälle.

Seit diesen letzten grofsen Bauten ist nichts Wesentliches mehr am Canal geschehen. Vor einer Reihe von Jahren zwar wurde geplant, sämtliche in Fels ausgeführte Canäle, welche nur für ein Schiff Raum bieten, zu erweitern, die alten Schleusen bei Trollhätta auf das Mafs der neueren zu vergröfsern, sodafs die eine Anlage zum ununterbrochenen Hinab-, die andere zum Hinaufsteigen benutzt werden könnte, ferner für die übrigen Schleusen Parallelschleusen zu erbauen. Aber der damals auftretende Einflufs der Eisenbahnen schmälerte den Verkehr derart, dafs von jeder bedeutenden Erweiterung der Canalanlagen abgesehen werden konnte. Immerhin befahren den Canal jährlich etwa 7000 Schiffe, die tägliche höchste Leistung beträgt etwa 20 Fahrzeuge in jeder Richtung.

Die Hauptabmessungen des gesamten Canals, — mit einigen Wiederholungen aus dem Früheren — sind folgende:

Es beträgt die Länge der 16 Schleusen . . .	683 m,
der künstlichen Canäle . .	16935 m,
der Fahrstrafse in Seen .	1930 m,
der Fahrstrafse im Flufs .	15730 m,
zusammen	35278 m.

Das Gefälle des Canals setzt sich aus nachstehenden Einzelgefällen zusammen:

unterhalb Wenersborg (2 Schleusen) . . .	5,50 m,
bei Trollhätta (11, bezw. 8 Schleusen) . .	32,97 m,
bei Åkerström (1 Schleuse)	1,19 m,
bei Ström (2 Schleusen)	2,94 m,
Flufsgefälle der Göta-Elf	0,62 m,
Summe	43,22 m.

Die Sohlbreite der Canäle beträgt:

im Erdboden	11,88 m,
im Fels	7,13 m.

Die gröfsten Frachtschiffe haben eine Tragkraft bis zu 250 Tonnen.

Es mag hier eine Angabe über die Ausnutzung der gewaltigen Wasserkraft der Trollhättafälle zu gewerblichen Zwecken eingeschoben werden. Die mittlere Wassermenge des Flusses wird angegeben zu 475 cbm in der Secunde. Bei 33 m Fallhöhe ergiebt dies $475 \cdot 1000 \cdot 33 \cdot {}^1/_{75} = 209000$ Pferdekräfte; bis jetzt bestehen in Trollhätta neun gewerbliche Anlagen (Mühlen, Papier- und Holzstofffabriken) mit zusammen 7 Wasserrädern und 33 Turbinen und einer Nutzleistung von 2952 Pferdekräften.

Von gleichem Alter wie das Bestreben, die Göta-Elf auf ihre ganze Länge dem Schiffsverkehr zu öffnen, sind die Bemühungen um eine Verbindung des Wener-Sees mit der Ostsee. Verschiedene Linien wurden, sowohl unter Benutzung des Hjelmar-Sees als des Wetter-Sees, schon früher in Erwägung gezogen und bearbeitet, aber erst als die Canalisirung der Göta-Elf im Jahre 1800 zur Thatsache geworden war, konnte man an die Ausführung dieses Werkes gehen, dessen Zustandekommen hauptsächlich dem Eifer des Freiherrn Baltzer v. Platen zu danken ist. Es wurde ein bereits im vorigen Jahrhundert von Thunberg ausgearbeiteter Entwurf aufgenommen, derselbe theilweise umgearbeitet und dann zu seiner Begutachtung Thomas Telford aus England herbeigerufen, welcher ihn in allen seinen Theilen billigte. Im Jahre 1810 trat eine Actiengesellschaft ins Leben, welche mit bedeutender Unterstützung seitens des Staates den Bau begann und ihn im Jahre 1832 mit einem Gesamtaufwand von 17650000 Mark vollendete. Der Canal führt zwischen Wener- und Wetter-See den Namen „West-Göta-Canal", zwischen Wetter-See und Ostsee „Ost-Göta-Canal".

Die gesamte Länge der Wasserstrafse beträgt 188,13 km, davon sind 87,62 km gegrabener und in Fels gesprengter Canal und 100,51 km Fahrstrafse in den Seen. Der Canal steigt vom Wener-See aus (vergl. den Höhenplan auf Blatt 14) mit 19 Schleusen um 47,10 m bis zur Scheitelstrecke, welche mit dem Wiken-See in gleicher Höhe (91,40 m über dem Meere) belegen ist, tritt in den genannten See mit einer bestimmenden Schleuse ein, fällt dann mit einer Schleuse um 3,27 m zum Wetter-See, von hier mit sechs Schleusen um 15,25 m zum Boren-See, mit ferneren sechzehn Schleusen um 40,48 m zum Roxen-See, dann mit vier Schleusen um 5,20 m zum Asplången-See und schliefslich mit zwölf Schleusen um 27,20 m zur Ostsee, welche er in dem Meerbusen Slätbacken erreicht. Unter diesen 58 Schleusen befinden sich vier bestimmende. Die Canalrichtung in der Scheitelstrecke folgt so viel als möglich der tiefsten Einsattelung des Geländes, es sind daraus viele Schlangenlinien mit theilweise recht geringen Krümmungshalbmessern entstanden, welche die Schiffahrt erschweren.

Die Schleusenabmessungen sind dieselben wie diejenigen der neueren Schleusen des Trollhättacanals. Die Sohlbreite der künstlichen Canalstrecken beträgt meist 14,26 m, die Breite in der Wasserlinie im Erdboden 26,72 m, also die Böschungsneigung bei 2,97 m Wassertiefe ungefähr 1 : 2. Bei Felsboden ist die Breite in der Wasserlinie nur wenig gröfser als die Sohlbreite, häufig reicht die Breite der Felseinschnitte nicht aus für zwei Fahrzeuge und sind deshalb Ausweichstellen angelegt worden. Unter Brücken ist die Canalbreite auf 8 m eingeschränkt worden.

Unter den an die grofse Trollhätta- und Göta-Canallinie anschliefsenden künstlichen Wasserstrafsen sind besonders der Dalsland- und der Kinda-Canal zu erwähnen. Der erstere, in dem wald- und wasserreichen Dalsland im Westen des Wener-Sees belegen, ist einer der jüngeren Canäle Schwedens. Unter Leitung des Baron Ericson ist er in den Jahren 1864 bis 1868 für die verhältnifsmäfsig geringe Summe von etwa 1630000 Mark hergestellt worden. Er beginnt am westlichen Ufer des Wener-Sees und verbindet in nordwestlicher Richtung, in steter Steigung, diesen See mit den Seen Hjerterud, Aklången, Råvarpen, Laxen, Lelången, Foxen und Stora-Lee. Die Gesamtsteigung des Ca-

nals beträgt 58,70 m, der höchste Punkt liegt 103 m über dem Meere. Aufser diesem Hauptzuge, in welchem 25 Schleusen belegen sind, besitzt der Canal noch zwei Abzweigungen mit einer bezw. zwei Schleusen nach benachbarten Seen. Ueberall folgt der Canal so nahe als möglich der natürlichen Verbindung der genannten Seen, indem er nur die zwischen denselben belegenen Wasserfälle mit Schleusencanälen umgeht. Daher kommt das günstige Ergebnifs, dafs die erschlossene Wasserstrafse 250 km Länge, die bearbeiteten Canalstrecken aber nur 7,80 km Länge haben, von denen auf die Schleusen etwa 1100 m entfallen. In neuerer Zeit wird beabsichtigt, den theilweise zu Norwegen gehörigen Stora-See mit Frederikshald durch einen Canal zu verbinden und dadurch einen abgekürzten Weg zum Meere zu schaffen. Der Verkehr beträgt etwa 4000 Fahrzeuge im Jahre.

Unter den 28 Schleusen des Canals befinden sich drei bestimmende, sowie dreimal je zwei und einmal je drei gekuppelte Schleusen. Die Thore derselben sind einflügelig.

Die Hauptabmessungen des Canals sind folgende:

Länge der Schleusen zwischen den Thoren .	30 bis 31,17 m,
nutzbare Länge derselben	27,90 m,
Breite in der Thorkammer	4,16 m,
Sohlbreite in der Kammermitte	5,34 m,
Wassertiefe auf den Drempeln	1,63 m,
(zugleich Wassertiefe in den Canalstrecken).	
Die Schleusengefälle liegen zwischen . .	0,45 und 4,16 m,
Sohlbreite der Canäle in Erde	4,45 m,
Sohlbreite der Canäle in Fels	4,75 m.

Die Fahrzeuge nutzen die gegebenen geringen Schleusenabmessungen nach Möglichkeit aus. So verkehren z. B. eiserne Dampfer mit nur 5 cm Spielraum in den Schleusenhäuptern; das Ein- und Auslaufen geht gleichwohl mit grofser Raschheit und Sicherheit vor sich. Diese Schiffe haben Maschinen von 25 Pferdekräften und etwa 45 Tonnen Tragfähigkeit. Die gröfsten Frachtschiffe erreichen eine Tragfähigkeit von 70 Tonnen.

Gleichfalls zu den jüngeren Canalunternehmen Schwedens gehört der Kinda-Canal. Derselbe verbindet den von dem Ost-Göta-Canal durchschnittenen Roxen-See mit den Seen Åsunden, Jernlunden, Rengen und Erlången, und stellt damit im wesentlichen eine Canalisirung des Stång-Flusses dar, der in der Nähe von Linköping in den Roxen-See mündet.

In den Jahren 1865 bis 1871 wurde dieser Canal unter Leitung des Oberstlieutenant Grafström mit einem Kostenaufwande von etwa 1450000 Mark erbaut. Die ganze Länge der Wasserstrafse beträgt 80 km, darunter 36,80 km bearbeitete Flufs- und Canalstrecken. Die Gesamtsteigung beträgt 52,1 m, welche durch 15 Schleusen überwunden wird, der höchste Punkt liegt 84,5 m über dem Meere.

Die Abmessungen der Schleusen sind: Länge 27,60 m, Breite 5,60 m, Wassertiefe auf den Drempeln 1,49 m.

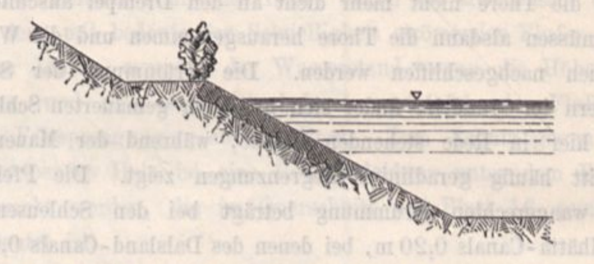
Segelfahrt kann auf dieser Wasserstrafse nur in sehr geringem Mafse stattfinden, da das auf längere Strecken benutzte Flufsbett des Stång-Flusses zu schmal zum Kreuzen ist. An demselben sind auch keine Leinpfade angelegt worden, sodafs die Fahrzeuge grofsentheils auf Schleppschiffahrt angewiesen sind. Der Durchschnittsverkehr beträgt 3000 bis 4000 Schiffe und Flöfse im Jahre.

Die baulichen Anlagen der Canäle.

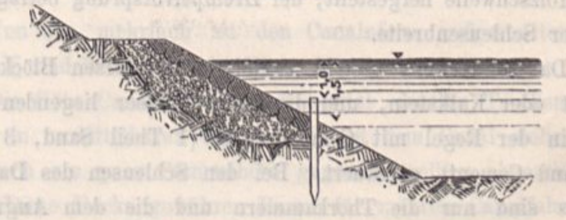
Canal- und Uferbauten.

Auf Blatt 14 und 15 sind die Normalschnitte der künstlichen Canalstrecken des Trollhätta- und des Dalsland-Canales dargestellt. Bei ersterem ist auf einer Seite ein Leinpfad von 2 m Breite vorhanden. Die Einschnitte im Felsen sind meist für nur ein Schiff ausgeführt, doch ist man damit beschäftigt, dieselben allmählich auf das Mafs der Erdeinschnitte zu erweitern. Die Canalstrecken des Dalsland-Canals sind nicht von grofser Länge, sie bieten gewöhnlich nur Raum für ein Schiff und besitzen an geeigneten Punkten Ausweichstellen. Beiderseits sind Leinpfade von 2,38 m Breite angelegt, aufserdem im Erdboden, 0,15 m unter Wasser, 0,89 m breite Bankette, über denen die mit einfacher Anlage ansteigende Böschung mit Steinen abgepflastert wird. Diese Anordnung ist getroffen worden, um die Böschungen der schmalen Einschnitte vor den Wellen der Raddampfer zu schützen, sie wird aber jetzt, nach allgemeiner Einführung der Schraube und bei Innehaltung einer geringen Fahrgeschwindigkeit, für entbehrlich angesehen.

Die Leinpfade sind nur an den künstlichen Canalstrecken, in der Nähe der Schleusen angelegt, Pferdezug findet nirgends statt. Zahlreiche Landfesten, im Erdboden Granitpfosten, im Fels schmiedeeiserne Dorne, sind längs der Schleusencanäle angebracht.



Uferbefestigungen aus jüngster Zeit finden sich am Göta-Canal in Erdeinschnitten. Die Ufer waren daselbst bisher, wie vorstehend gezeichnet, mit grofsen Steinen bekleidet, hinter welchen Buschwerk angepflanzt war. Durch die Wurzeln des letzteren wurden die Steine gelockert, die durch die Dampfer erzeugten Wellen drangen durch die geöffneten Fugen und spülten die Hinterfüllungserde fort. Man befestigt daher jetzt die Ufer folgendermafsen. Nachdem zunächst alles Buschwerk entfernt und die Steine aus dem Wasser gefischt worden, wer-



den nach dem beistehenden Holzschnitt Pfähle in je 0,60 m Entfernung und (des Frostes wegen) mindestens 1 m unter der Wasserlinie geschlagen, alsdann hinter denselben die 0,30 bis 0,40 m im Durchmesser haltenden Steine aufgesetzt und mit kleinen Steinen hinterpackt. Die Wellen, welche durch die Fugen der grofsen Steine durchschlagen, laufen sich an den kleinen Steinen der Hinterfüllung todt und sind nicht mehr im Stande, die Erde wegzuspülen. Die bisher in dieser Art ausgeführten Uferstrecken haben sich vollkommen gut gehalten.

An einigen Stellen desselben Canals, welche theilweise auf Dammschüttung hergestellt worden, sind Böschungen und Sohle

mit einer 0,30 bis 0,50 m starken Thonschicht zum Schutz gegen Durchsickern bekleidet. Ebenso hat man kurze, auf Dämmen liegende Strecken des Kinda-Canals durch Thonkerne in den Seitendämmen und Thonpuddel auf der Sohle gedichtet.

Die Schleusen.

Blatt 14 und 15 enthalten Darstellungen von Schleusen des Trollhätta- und des Dalsland-Canals, die erstere mit Stemmthoren, die andere mit einflügeligen Thoren, welche als bezeichnend für die Ausführung der Mehrzahl dieser Bauwerke der schwedischen Canäle gelten können.

Als Anordnungen besonderer Art sind bei ersteren Schleusen die in waage- und senkrechter Richtung geschweiften Formen der Seitenmauern zu erwähnen. Die schwedischen Ingenieure geben als Veranlassung hierzu die Wirkung des sehr tief gehenden Frostes an. Der gefrierende Boden vergröfsert seine Masse und strebt, die Mauern umzuschieben, sodafs man diesem Streben durch die gewölbartige Form der Mauern entgegentreten zu müssen glaubte. Es erhalten bei geradliniger hinterer Begrenzung der Mauern die Wände der Thornischen stärkere Abmessungen als die der Kammermitte und können somit gewissermafsen als Widerlager angesehen werden. Thatsächlich wird nach Verlauf einiger strenger Winter ein geringes Ueberweichen der Seitenmauern an den Thorkammern beobachtet, sodafs die Thore nicht mehr dicht an den Drempel anschliefsen. Es müssen alsdann die Thore herausgenommen und die Wendenischen nachgeschliffen werden. Die Krümmung der Seitenmauern im Grundrifs findet sich bei allen gemauerten Schleusen der hier in Rede stehenden Canäle, während der Mauerquerschnitt häufig geradlinige Begrenzungen zeigt. Die Pfeilhöhe der waagerechten Krümmung beträgt bei den Schleusen des Trollhätta-Canals 0,20 m, bei denen des Dalsland-Canals 0,60 m. Die Schleusenböden sind bisweilen in der Form umgekehrter Gewölbe ausgeführt.

Eine fernere Besonderheit ist der Aufbau der Schleusen-Drempel. Eine Spundwand wird unter der ganzen Schleusenbreite einschliefslich der Mauern dicht vor der Drempelspitze durchgeführt; dieselbe wird auf den Fels- oder festen Erdboden fest aufgeschlagen und das untere Ende mit Beton umgossen, bisweilen auch nur mit Thon umstampft, um die Bildung von Wasseradern zu verhüten. Der Drempelanschlag wird durch eine Holzschwelle hergestellt; der Drempelvorsprung beträgt etwa $1/5$ der Schleusenbreite.

Das Mauerwerk besteht zumeist aus grofsen Blöcken von Granit oder Kalkstein, und die unter Wasser liegenden Theile sind in der Regel mit Cementmörtel (1 Theil Sand, 3 Theile Portland-Cement) gemauert. Bei den Schleusen des Dalsland-Canals sind nur die Thorkammern und die dem Angriff des Wassers besonders ausgesetzten Theile in Mörtel ausgeführt, alles übrige ist Trockenmauerwerk. In der Zeichnung auf Blatt 15 ist der Umfang des Mörtel- und des Trockenmauerwerks durch verschiedene Strichlage ersichtlich gemacht. Sämtliche Maurerarbeiten der Canalbauwerke zeichnen sich durch besondere Sorgfalt der Ausführung aus.

Wo irgend angängig, hat man die Schleusen möglichst im festen Felsen ausgeführt, so namentlich die alte Schleusentreppe in Trollhätta und die Mehrzahl der Dalsland- und Kinda-Canal-Schleusen. Es zeigen dann Böden und Wände, bisweilen auch die Drempel den nackten Fels, nur die Thor- und Wendenischen sind mit Quadermauerwerk verkleidet. Zum Schutz gegen die scharfen Ecken und Kanten der Felswände sind Reibhölzer an den Seitenwänden befestigt.

Die Schleusenthore wurden in früherer Zeit entweder ganz aus Holz oder mit gufseisernen Säulen und Riegeln und Holzbekleidung ausgeführt. Später construirte man Thore mit gufseiserner Schlag- und Wendesäule und hölzernen Riegeln, in neuerer Zeit werden abgängige gufseiserne Riegel, soweit sie unter Wasser liegen, durch schmiedeeiserne Riegel ersetzt, sodafs man bei den älteren Canälen mannigfache Zusammenstellungen findet. Für Neuausführungen giebt man jetzt den ganz hölzernen Thoren den Vorzug, ganz aus Schmiedeeisen bestehende Thore sind meines Wissens nicht vorhanden. Ein Thorflügel des Trollhätta-Canals mit gufseisernen Säulen und Riegeln ist mit einigen Einzelheiten auf Blatt 15 dargestellt. Die Wendesäule hat halbcylindrische Form, mit oberem und unterem cylindrischen Zapfen, die ⅂förmigen Riegel sind mittels Schrauben und Keile daran befestigt. Die Schlagsäule besteht aus einem mit Holz verkleideten Winkel. Als oberster Riegel, der gleichzeitig die Aufzugsvorrichtungen der Schütze trägt, dient ein ⊓förmiges Eisen, das auf der Wendesäule mit einer Haube aufsitzt. Zapfen und Verankerung bieten keine Besonderheiten, letztere wird durch Keile geregelt. An Stelle der gufseisernen Riegel treten neuerdings schmiedeeiserne T Eisen. Der Anschlufs hölzerner Riegel an die Wendesäulen wird durch die auf Blatt 15 gezeichneten Schuhe bewirkt.

Die älteren Thore haben Drehbäume, um dem Gewicht die Waage zu halten, sowie zum Oeffnen und Schliefsen; bei den neueren geschieht dies durch einen hölzernen Schiebebaum mit eisernen Zähnen, welcher durch ein Gangspill mit Zahnradübersetzung bewegt wird, letzteres ist auf Blatt 15 dargestellt.

In den Thorflügeln finden sich meist zwei Schütztafeln, deren Bewegungsvorrichtung ebenfalls auf Blatt 15 gezeichnet ist. Dieselben bestanden früher aus Gufseisen, während man sie jetzt aus Schmiedeeisen herstellt.

Die hölzernen Thore weichen in ihrer Bauweise von der in Deutschland üblichen nicht wesentlich ab. Die Thore reichen in der Regel nur bis zum normalen Wasserstand, sodafs bei Wellenbewegung Ueberfall stattfindet.

Brücken und Aquäducte.

Die Anzahl der über die Canäle führenden Brücken ist verhältnifsmäfsig bedeutend; es besitzt der Trollhätta-Canal 5, der Göta-Canal 30, der Dalsland-Canal 9 Ueberbrückungen. Dieselben sind, wie oben bemerkt, sämtlich beweglich, als Drehbrücken, Rollbrücken und Klappbrücken ausgeführt, letztere kommen allerdings ziemlich selten vor. In der Regel sind sie über Schleusenhäuptern angelegt worden. Für die älteren Brücken ist Gufseisen verwendet worden, gegenwärtig giebt man für die gröfseren Drehbrücken dem Schmiedeeisen, für die kleineren Drehbrücken und die Rollbrücken dem Holze den Vorzug. Die Eisenbahnen werden gewöhnlich auf schmiedeeisernen Drehbrücken überführt.

Am Göta-Canal, der unter den Brücken 8 m Breite hat, werden in neuerer Zeit mit Vorliebe Rollbrücken gebaut, da dieselben weniger sorgfältige Gründung und geringere Stützweite als die Drehbrücken erfordern. Ein Beispiel dieser Art, für gröfseren Verkehr berechnet, ist auf Blatt 15 gegeben. Die Brücke liegt um so viel höher als die Fahrbahn der Strafse,

dafs sie über die letztere übergeschoben werden kann; der Anschlufs an die Strafse erfolgt durch eine in Gelenken bewegliche Klappe, welche mittels eines Hebels angehoben wird. Die Bewegung dieser Rollbrücken wird bisweilen durch Ueberschieben mit der Hand bewirkt, in einzelnen Fällen sind an den Hauptträgern Zahnstangen befestigt, welche durch ein Zahnrad mit Kurbelbetrieb in Bewegung gesetzt werden. Bei dem geringeren Breitenmafs des Dalsland-Canals (4,16 m in den Schleusenhäuptern) werden dagegen die Rollbrücken für zu schwerfällig angesehen; man ist neuerdings dort zur Verwendung kleiner einarmiger Drehbrücken von Holz übergegangen, von denen Blatt 16 ein Beispiel giebt. Die Brücke bewegt sich auf vier feststehenden Rollen um einen Mittelzapfen; der längere Arm wird durch Steinballast im Gleichgewicht gehalten. Als Auflager des Dreharmes dienen zwei Holzkeile, welche untergeschoben werden, die Bewegung bewirkt ein Mann mit grofser Leichtigkeit einfach durch Herumschieben. Die Fahrbahnen der Strafsenbrücken sind fast immer stark gewölbt ausgeführt.

Das hervorragendste Bauwerk des Dalsland-Canals, zugleich eines der bedeutendsten Werke der schwedischen Canalbauten überhaupt, ist die Ueberführung über den Wasserfall bei Håfverud. Uebersichtsplan und Längenschnitt der Canalstrecke, sowie des Bauwerks selbst, sind auf Blatt 16 dargestellt. Steile Felswände auf dem linken Ufer oberhalb und auf dem rechten Ufer unterhalb der Aquäductbaustelle liefsen die Anlage des Schiffahrtscanals auf einer Seite des Wasserlaufs als unausführbar erscheinen, und man hatte sich schon mit dem Gedanken vertraut gemacht, einen Schienenweg mit Pferdebetrieb hier einzulegen. Zum Glück für den Schiffsverkehr kam indes Ericsons Gedanke, die genannten Schwierigkeiten durch Ueberführung des Canals über den Flufs zu überwinden, zur Ausführung.

Die Hauptträger der Wasserleitung zeigen gerade untere und parabolische obere Gurtung, mit voller 13 mm starker Blechwand; letztere dient gleichzeitig als seitliche Begrenzung des Wasserkastens. Die Höhe der Träger ist 1,93 m am Auflager und 2,97 m in der Mitte, die Entfernung der beiden Trägerwände beträgt 4,64 m, die Länge des Kastens zwischen den Auflagerhinterkanten 34,79 m. Der linksseitige Träger ist am flufsaufwärts liegenden Ende noch um 3,36 m verlängert, da die Wangenmauern des Widerlagers an dieser Seite, um den Flufs nicht noch mehr einzuschränken, nicht ganz bis an die Auflager herangeführt worden sind. Aus gleichem Grunde hat der rechtsseitige Träger über das Auflager hinaus eine Verlängerung um 1,01 m erhalten. Bemerkenswerth ist hierbei, dafs man infolge dieser Anordnung die Parabelkrümmung des Obergurts am oberen Auflager 1,01 m hinter dem Auflager, am unteren aber über der Auflagerhinterkante hat beginnen lassen.

Der Boden des Bauwerks besteht aus Blechtafeln und bildet zugleich den Untergurt für die Träger. Die Versteifung der Seitenwände und des Bodens besteht aus Winkeleisen, theilweise durch Stahlbleche verstärkt. Der 0,77 m breite Obergurt ist mit Geländer versehen und dient als Leinpfad.

Jede Trägerwand hat am stromabgekehrten Widerlager ein bewegliches Auflager, bestehend aus fünf je 0,60 m langen, 0,10 m starken Rollen, auf welchen der Träger mittels eines kastenförmigen Gufsstückes aufruht. Aufserdem sind zur Unterstützung des Brückenbodens zwischen den Auflagern drei Schienenstücke von je 0,90 m Länge angebracht, welche auf Rollen verschieblich sind. Das feste Auflager besteht aus gleichen Kasten und Schienen, welche unmittelbar auf Eisenplatten ruhen, die im Mauerwerk befestigt sind. Der Maueranschlufs erfolgt am festen Auflager durch Annieten der Blechtafeln des Bodens und der Wände an einen Holzrahmen, am beweglichen Auflager durch Einstecken eines am Brückenende befestigten Winkeleisens in die Nuthe eines Holzrahmens, welche mit Gummi-Einlage gefüllt ist (vgl. die Zeichnung auf Blatt 16). Diese Dichtung ist nicht vollkommen, aber ausreichend. Auch sind die Längenänderungen der Wasserleitung während der Schiffahrtsperiode nur unbedeutend, da das Wasser eine ziemlich gleichmäfsige Wärme besitzt. Bei einem Wechsel derselben um 15° beträgt die Aenderung $\frac{34{,}79 \cdot 15}{819} = 0{,}64$ cm.

Vorrichtungen zum Füllen und Entleeren der Leitung sind nicht erforderlich, da bei Beginn des Winters die ganze Schleusentreppe ober- und unterhalb entleert wird. Der Abschlufs nach oben erfolgt durch Dammbalken am obersten Schleusenhaupt. Das untere Widerlager des Bauwerks schliefst unmittelbar an das Oberhaupt einer Schleuse an.

Die tiefsten Theile des Baues liegen bei Hochwasser dicht über dem mit bedeutender Schnelligkeit strömenden Flufs. Vor einigen Jahren erreichte der Wasserstand sogar die Höhe des Bodens, und man sah sich dadurch veranlafst, das Flufsbett durch Felssprengungen zu erweitern. Zum Schutz gegen Eis und treibendes Holz ist eine Holzverkleidung unter dem Boden angebracht worden, die im Querschnitt auf Blatt 16 punktirt angedeutet ist.

Es erübrigt noch, einige Canalbauwerke geringerer Bedeutung kurz zu erwähnen. In den längeren Haltungen des Göta-Canals sind mitunter Stemmthore angelegt worden, um kürzere oder längere Strecken des Canals zur Ausführung von Ausbesserungen trocken legen zu können. Die Entleerungsvorrichtungen stehen gewöhnlich in Verbindung mit einem gewölbten Düker und bestehen aus einem auf dem Scheitel desselben aufgesetzten brunnenartigen Aufbau, der in der Sohle des Canals durch einen Deckel verschlossen ist.

Von den mehrfach an den Canalufern aufgestellten hölzernen Verladekrahnen giebt Blatt 15 ein Beispiel.

Die Göta-Canal-Gesellschaft besitzt einzelne Trockendocks, welche in unmittelbarer Verbindung mit dem Canal stehen und nur durch ein paar Stemmthore gegen denselben abgeschlossen sind. Diese Docks gewähren Raum für mehrere Canalfahrzeuge der gröfsten Art und sind unter geschickter Benutzung der Bodengestaltung in der Nähe von Schleusen so angelegt worden, dafs ihre Füllung aus dem Oberwasser, ihre Entleerung aber mit natürlichem Gefälle nach dem Unterwasser der Schleusentreppe geschieht. Mitunter sind diese Docks fast vollständig in den gewachsenen Felsen eingesprengt.

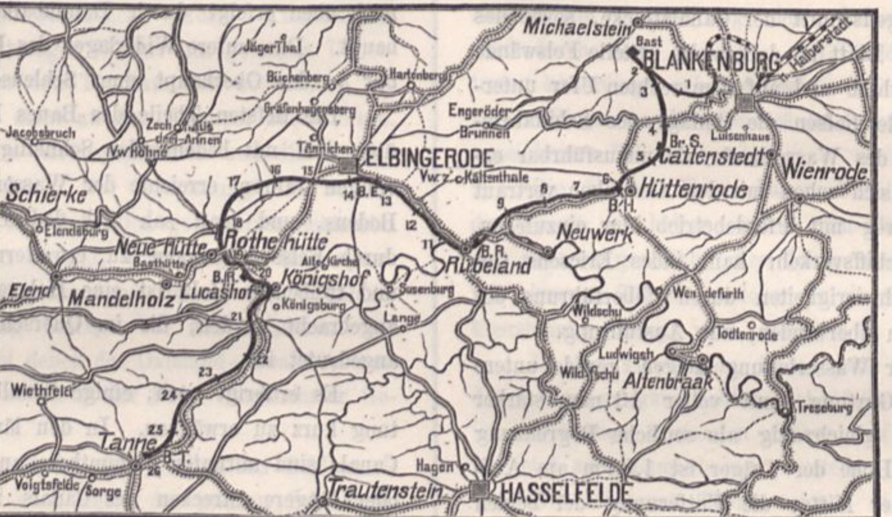
E. Roloff.

Die Harzbahn Blankenburg-Tanne, vereinigte Zahnstangen- und Reibungs-Bahn.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 17 und 18 im Atlas.)

A. Allgemeines.

Im Herbst des Jahres 1881 richteten die städtischen Behörden von Blankenburg und Elbingerode und die Gemeinde-Vorsteher verschiedener Harzortschaften an das Königlich Preufsische Ministerium der öffentlichen Arbeiten und an das Herzoglich Braunschweigische Staatsministerium ein Gesuch um Gestattung von Vorarbeiten für eine Eisenbahn untergeordneter Bedeutung von Blankenburg über Elbingerode, Rothehütte, Braunlage nach dem Oder-Thale zum Anschlufs an die demnächstige, jetzt bereits im Betrieb befindliche Eisenbahn Scharzfeld—Lauterberg—St. Andreasberg, wodurch die schon lange Zeit auf der Tagesordnung stehende und wiederholt erwogene Frage der Erbauung einer Harzbahn von neuem in Anregung gebracht wurde.



Seitens der betheiligten beiden Staatsregierungen war dem Plane einer in oder durch den Harz führenden Eisenbahn stets grofse Aufmerksamkeit gewidmet worden, aber auch für die Halberstadt-Blankenburger Eisenbahn-Gesellschaft war, wenn Blankenburg als Ausgangspunkt einer Bahn in den Harz gewählt wurde, jener Plan von grofser Bedeutung. Eine seitens des Herzoglichen Eisenbahn-Comissariats an den Verwaltungsrath dieser Gesellschaft gerichtete Anfrage, welche Stellung derselbe zu dem angeregten Plane einzunehmen gedenke, hatte denn auch zur Folge, dafs der Betriebsdirector der Bahn, der Herzogl. Braunschweigische Bahndirector Herr A. Schneider, sich eingehend mit der Angelegenheit beschäftigte, örtliche Untersuchungen vornahm und verschiedene mögliche Linien miteinander in Vergleich stellte. — Es würde den Rahmen unserer Aufgabe überschreiten, wollten wir auf die einzelnen von ihm bearbeiteten Entwürfe näher eingehen; es mag hier nur erwähnt werden, dafs Herr Schneider als erste Bedingung für eine Harzbahn diejenige hinstellte, dafs sie an solche Punkte geführt werde, welche der Bahn einträgliche Frachten sicherten; er hielt es daher für durchaus nothwendig, dafs die bedeutenden Eisensteinlager der „Harzer Werke" in dem sogenannten Braunesumpfthale vor Hüttenrode in das Verkehrsgebiet mit eingeschlossen würden.

Lediglich aus Rücksichten auf den Handelsverkehr hielt er deshalb nicht die Linie von Blankenburg in möglichst gerader Richtung auf Elbingerode, sondern diejenige über Hüttenrode, Rübeland nach Elbingerode für bauwürdig und empfahl dieselbe dem Verwaltungsrathe seiner Gesellschaft zur Ausführung, welcher hierauf die Concession zum Bau der Eisenbahn Blankenburg-Tanne nachsuchte und auch erhielt.

Die bedeutenden Höhenunterschiede der einzelnen von der Bahn zu berührenden Punkte — der Bahnhof Blankenburg liegt z. B. auf Ord. +198,21, das Hochfeld bei Hüttenrode auf Ord. +477 über NN, während die gerade Entfernung in der Luftlinie gemessen kaum 5 km beträgt — ferner die ganze Gestaltung des ziemlich steil nach Norden abfallenden Harzgebirges liefsen Herrn Schneider bald erkennen, dafs eine Reibungs- (Adhäsions)-bahn etwa mit Steigungen 1 : 40 und Krümmungen von 250 m Halbmesser nur mit ganz bedeutenden, dem Zwecke nicht entsprechenden Kosten auszuführen war; er fafste daher eine vereinigte Reibungs- und Zahnstangenbahn ins Auge. Das gemischte System mufste hier als das zweckmäfsigste erscheinen, da der Harz aufser sehr steilen Rampen auch flachere Thalmulden und kleine Hochebenen darbietet, welche sich zur Anlage einer gewöhnlichen Reibungsbahn sehr wohl eignen.

Zwar waren schon verschiedene Bahnen gemischten Systems von dem Ingenieur Riggenbach, dem Begründer des Zahnstangenbahn-Systems erbaut, so bei Ostermundingen, Rorschach, Wasseralfingen, Rüti, Friedrichsegen; alle diese Bahnen haben jedoch, da sie nur für gewisse gewerbliche Anlagen oder für einen engeren Reiseverkehr dienen, nur eine räumlich beschränkte Bedeutung. Die Harzbahn sollte aber in das vorhandene grofse Eisenbahnnetz als vollgültiges Glied mit aufgenommen werden, denn Herr Schneider machte sich zur Aufgabe die Herstellung einer Bahn, auf welche die Betriebsmittel der Hauptbahnen übergehen sollten, und lenkte somit unser Bergbahnwesen in erweiterte Pfade ein. — Die Schaffung einer solchen Bahn für den gröfseren Verkehr war ein bedeutsamer, aber neuer Gedanke, und wie bei jeder Eisenbahnanlage Bedenken und Anfeindungen auftreten, so sind solche auch der Harzbahn nicht erspart geblieben. Ohne auf dieselben näher einzugehen, glauben wir doch hervorheben zu müssen, dafs es eines grofsen Mafses von Thatkraft und Ausdauer bedurft hat, um die Hindernisse zu beseitigen, welche sich dem Unternehmen entgegenstellten. Sie sind glücklich überwunden. Nach dem ersten Spatenstich im August 1884 waren die Bahnarbeiten bereits Anfang Mai 1885 so weit gediehen, dafs am 17. und 18. desselben Monats im Beisein des Ingenieurs Abt, dessen (ihm patentirtes) Oberbau-System mit dreitheiliger Zahnschiene hier zur Anwendung gelangt, die ersten Probefahrten ausgeführt werden konnten. Die Versuchsfahrten sind seitdem vielfach wiederholt worden und stets mit gutem Erfolge;*) es sei uns daher gestattet, durch eine kurze Beschreibung dieser sehr bemerkenswerthen Bahnanlage die Aufmerksamkeit weiterer Kreise auf ein Eisenbahn-System zu lenken, welches berufen erscheint,

*) Die Strecke Blankenburg-Rübeland ist am 1. November 1885 für Güterverkehr eröffnet. D. R.

zur Erschliefsung der Gebirge in ausgedehntem Mafse Anwendung zu finden.

B. Linienführung.

Nach den für die Linienführung aufgestellten Grundsätzen sollten die Steigungen in den Reibungsbahnstrecken nicht über 1:40, in den Zahnstangenstrecken nicht über 1:16,67 betragen, die Krümmungen aber mit Halbmessern von möglichst nicht unter 300 m Länge angelegt werden. Die Steigung 1:40 ist auf jenen Strecken auch nirgends überschritten worden, dagegen ist es bei dem gebirgigen Gelände nicht möglich gewesen, überall mit Krümmungen von mindestens 300 m Halbmesser auszukommen, es haben vielmehr an manchen Stellen Halbmesser von 250 und 200 m, ja sogar herunter bis 180 m — letztere allerdings nur bei der Durchführung der Bahn durch Ortschaften — angewandt werden müssen. In den schärfsten Krümmungen ist jedoch die Steigung thunlichst ermäfsigt, um die Bewegungswiderstände herabzumindern. In den Zahnstangenstrecken, d. h. in allen denjenigen Strecken, in welchen die Steigung mehr als 1:40 beträgt, sind die Krümmungen im allgemeinen mit Halbmessern nicht unter 300 m angelegt, aber auch hiervon hat an einigen Stellen — bei den Ortschaften Rübeland, Elbingerode und Rothehütte, woselbst die engen Thäler mit ihren steilen Felswänden eine genügende Entwicklung der Linie nicht gestatteten — abgewichen werden müssen, indem daselbst Halbmesser von 250 und 200 m angewendet sind.

Ein Blick auf den Höhenplan (Bl. 18) giebt uns das ziemlich ungewöhnliche Bild, dafs die Linie von Blankenburg bis Hüttenrode stark ansteigt, von da bis Rübeland wieder bedeutend fällt, darauf bis hinter Elbingerode wieder steigt, nach Rothehütte sich senkt, um nach der Endstation Tanne sich wieder zu erheben. Dieser Wechsel von Steigung und Gefälle ist aber durch die Lage der mit der Bahn zu berührenden Ortschaften und Punkte, welche die Frachten liefern, bedingt, und vorlorene Gefälle durften daher nicht gescheut werden.

Der Bahnhof Blankenburg bildet für die Harzbahn eine Kopfstation. In der Anfangsstrecke wird die vorhandene, vom Bahnhofe nach dem Hochofenwerke der „Harzer Werke" führende Hüttenbahn mit benutzt. Kurz vor den Hochöfen zweigt dann aus ihr östlich die neuere Linie mit einer Krümmung von 300 m Halbmesser ab, und an dieser Stelle beginnt die Stationirung der Neubaustrecke auf Ord. + 230,32 über N. N.

Zunächst waagerecht, dann mäfsig ansteigend, geht die Linie in einem Halbkreis um die Hochöfen herum, steigt jedoch schon von Stat. 3^{+50} bis Stat. 5^{+50} mit der stärksten Steigung 1:16,67 aufwärts, worauf wieder bis Stat. 7^{+42} eine Strecke folgt, in welcher die Steigung 1:40 mit der Waagerechten wechselt. Diese Reibungsbahnstrecke ist angeordnet einmal wegen der Kreuzung der Eisenbahn mit der Chaussee, dann aber auch, weil von hier aus ein Zweiggeleis nach der Sturzbrücke des Hochofenwerks angelegt werden mufste. Von Stat. 7^{+42} steigt die Bahn mit 1:16,67 und 1:28,6 in westlicher Richtung und in Krümmungen von 300 und 280 m Halbmesser bis Stat. 22 auf Ord. + 323,0, worauf eine Waagerechte von 285 m Länge behufs Anlage einer Kopfstation mit einem Nebengeleis und drei Weichen zum Umsetzen der Maschine folgt. Diese „Spitzkehre" wird nach Bedürfnifs Haltestelle für den Personenverkehr werden, ist aber hauptsächlich mit Rücksicht auf die erforderliche Längenentwicklung der Linie angenommen worden.

Von der Kopfstation Bast steigt die Bahn in südlicher Richtung mit verschiedenen Krümmungen von 300 m Halbmesser und Steigung 1:16,67 nach dem von den Harzer Werken für ihre Grubenbahn vor 10 Jahren ausgeführten, etwa 560 m langen Bielstein-Tunnel bis Stat. 36^{+50} auf Ord. + 406,79. Dieser Tunnel ist auf Normalprofil erweitert und behält, da ein Theil durch den Voreinschnitt fortgefallen ist, eine Länge von rund 470 m.

Unmittelbar dahinter erreicht die Linie auf Ord. + 408,70 den Bahnhof Braunesumpf der „Harzer Werke", welcher entsprechend umgebaut wird. Hier befinden sich die Stollenmündungen nach den umfangreichen Eisensteinlagern, welche die Hochöfen bei Blankenburg mit Eisenstein versorgen, und dieser Punkt sollte unbedingt berührt werden, da er fast ein Drittel der gesamten voraussichtlichen Frachtmengen liefert.

Demnächst führt die Linie in fast südlicher Richtung mit Steigung 1:16,67, welche nur an der Kreuzung mit der Blankenburg-Hüttenroder Landstrafse auf eine Länge von 110 m durch Steigung 1:40 unterbrochen wird, auf die Hochebene von Hüttenrode, und erreicht bei Stat. 58^{+50} auf Ord. + 477,40 den ersten Scheitelpunkt der Harzbahn. Eine daselbst angelegte Waagerechte von 329 m Länge dient zur Anlage eines Bahnhofes für das Dorf Hüttenrode. Hinter demselben senkt sich die Bahn in westlicher Richtung und verschiedenen flachen Biegungen einer muldenförmigen Vertiefung folgend, mit Steigung 1:40 auf Ord. + 440,75, von da mit 1:18 bis Stat. 80^{+27}, worauf eine Reibungsbahnstrecke mit 1:50 und einer kurzen Waagerechten folgt zur Anlegung einer Weiche für ein nach den daselbst belegenen Steinbrüchen zu führendes Zweiggeleis. Hierauf wird das Thal immer enger und mufs die Bahn in wechselnden Krümmungen von 200 bis 250 m Halbmesser mit kurzen Zwischengeraden in demselben entlang geführt werden. An der Ausmündung des Thales tritt die rechtsseitige Thalwand in einer scharfen Gebirgsnase vor, welche mittels eines 185 m langen Tunnels, des sogen. Bismarck-Tunnels durchbrochen wird. Der Tunnel liegt zur Hälfte in einer Krümmung von 250 m Halbmesser, im übrigen in der Geraden und in einem Gefälle von 1:300; er führt seinen Namen, wie eine eherne Gedenktafel bezeugt, weil der Stollen in der Nacht vom 31. März bis 1. April 1885, also in der Nacht vor dem 70. Geburtstage des Reichskanzlers Fürsten Bismarck durchgeschlagen wurde.

Nach Austritt aus dem Tunnel gelangt die Bahn in das Bodethal und fällt mit Neigung 1:40 zur Thalsohle ab auf Ord. + 378,0, auf welcher Höhe eine Waagerechte zur Anlage des Bahnhofes Rübeland angeordnet ist. Weil das Bodethal hier so eng und an beiden Seiten von hohen, sehr schroffen Felswänden eingefafst ist, mufsten sämtliche Geleise dieses Bahnhofes in Krümmungen von 180 bis 200 m Halbmesser liegen, doch war ein geeigneterer Platz schlechterdings nicht zu finden. Weiter mufste sodann die Bahn durch das Dorf Rübeland hindurch geführt werden. Bis Stat. 110, wo die letzten Häuser stehen, liegt sie unmittelbar neben der Chaussee, immer den Steigungen und Krümmungen derselben folgend. Unter stellenweiser Einengung des Bodebetts und Einlegung verschiedener kurzer Krümmungen von 180 m Halbmesser ist es jedoch ermöglicht worden, fast durchweg 8,0 m Breite für die Chaussee frei zu halten.

Hinter Rübeland bei Stat. 112^{+22} tritt die Bahn aus dem Herzoglich Braunschweigischen in das Königlich Preufsische

Staatsgebiet, auf welchem sie in ihrem weiteren Verlaufe bis kurz vor Tanne bis Stat. 247^{+50} verbleibt.

Für die Steigungen in der nachfolgenden Strecke bis zum Bahnhofe Elbingerode war die Lage des letzteren kurz vor der Stadt sowie die Höhenlage der Chaussee daselbst mafsgebend; zugleich war zu berücksichtigen, dafs in der Nähe des „kalten" Thales eine kurze Waagerechte zur Herstellung einer Ladestelle für die vorhandenen und noch zu erschliefsenden Kalksteinbrüche und Eisensteingruben angelegt werden sollte, und zwar gleichzeitig in solcher Höhe, dafs der bequeme Anschlufs eines Seitengeleises nach den Kalksteinbrüchen im „kalten" Thale gewonnen werden konnte. Aufserdem sollte die Steigung 1:40 bezw. 1:16,67 nicht überschritten werden. — Das vielfach gewundene „Mühlenthal" liefs nun zwar die Entwicklung einer gewöhnlichen Schienenbahn mit Steigung 1:40 zu, jedoch nur unter Ausführung bedeutender Erdarbeiten, da die Thalwände an beiden Seiten schroff ansteigen und oft in scharfen Gebirgsnasen vorspringen, und unter mehrfacher Ueberschreitung der Chaussee, welche vermieden werden mufste. In westlicher Richtung zieht sich daher die Linie in mehrfachen Krümmungen von 250 bis 300 m Halbmesser an dem südlichen Hange entlang zunächst mit Steigung 1:16,67 auf eine Länge von 207 m und darauf mit 1:40 bis Stat. 121, woselbst die 100 m lange Waagerechte für die oben bezeichnete Ladestelle auf Ord. + 417,50 erreicht wird. Nach Verlassen derselben steigt sie wieder mit 1:40 und 1:50 auf bis zu einer bei Stat. 132^{+50} beginnenden, 350 m langen Waagerechten, in welcher der Bahnhof Elbingerode seinen Platz findet. Dieser hat insofern eine sehr günstige Lage, als sämtliche auf ihm zu verfrachtenden Güter, vorwiegend Holz und Steine, zu Thal heran gefördert werden, und die Anfuhr unmittelbar von der Chaussee aus bequem bewirkt werden kann.

Mit dem Austritt aus dem Bahnhofe schwenkt dann die Linie südlich um die Stadt Elbingerode herum; da aber das Gelände daselbst bei starkem Quergefälle sehr steil ansteigt, so ward zur Verminderung der Erdarbeiten wieder die Einlage einer Zahnstangenstrecke erforderlich, auf welcher die Bahn von Stat. 136 bis Stat. 141^{+25} mit 1:25 und 1:16,67 auf Ord. + 465,80 steigt. Hierauf geht sie in Reibungsbahn über und zieht sich zunächst mit Steigung 1:40, dann mit wechselnden Steigungen und Krümmungen von 250 m Halbmesser an dem Bergabhange hin, sich immer ziemlich genau der natürlichen Bodengestaltung anschmiegend, und erreicht bei Stat. 164^{+10} auf Ord. + 503,50 ihren höchsten Punkt. Hier wird auf dem sogen. Elbingeroder Plateau im Scheitel der Linie eine Waagerechte von 300 m Länge und ein zweites Geleis zum Umsetzen der Locomotive angeordnet; aufserdem ist die Abzweigung eines Geleises nach den nordwestlich von Elbingerode liegenden, staatlichen Eisensteingruben in Aussicht genommen. — Im weiteren Verlaufe fällt die Bahn wieder, fast immer der natürlichen Gestaltung des Bodens sich anschliefsend, mit 1:40 und 1:80 bis Stat. 183 auf Ord. + 468,50. Daselbst geht nun die bis dahin flache Mulde in ein enges Thal über, dessen Wände zum Theil schroff ansteigen, sodafs eine Entwicklung der Linie ohne Anlage von Tunneln und bedeutenden Erdarbeiten nicht ausführbar ist. Da aber die Thalsohle bei Rothehütte, einmal wegen des Anschlusses an die staatlichen Hüttenwerke, dann aber auch, weil daselbst die Hauptverkehrsstrafsen von allen Seiten zusammenstofsen, unbedingt erreicht werden mufste, so senkt sich die Bahn von Stat. 183 ab in Neigungen 1:16,67 und 1:19,25 und Krümmungen von 200 und 240 m Halbmesser — zwischen Stat. 187 und 188 die Chaussee von Elend und die „kalte" Bode mittels vierbogigen massiven Viaducts überschreitend — bis Stat. 188^{+60} auf Ord. + 435,75. Hiermit ist das Dorf Rothehütte erreicht, und in ihrem weiteren Verlaufe schlängelt sich die Bahn an dem rechten Ufer der kalten Bode entlang in unmittelbarer Nähe der Häuser und in mäfsigen Steigungen bis zum Bahnhof Rothehütte, der von Stat. 194 bis Stat. 198 in einem Gefälle 1:500 angelegt wird.

Vom Bahnhof Rothehütte bis Tanne durchzieht die Bahn im Thal der sog. warmen Bode noch vielfach zerschnittenes, theilweise schroff ansteigendes Gelände, jedoch ist es ohne zu bedeutende Erdarbeiten möglich geworden, sie in dieser Strecke als gewöhnliche Schienenbahn mit Steigungen nicht über 1:40 auszubilden. In wechselnden Steigungen und Krümmungen von 200 bis 300 m Halbmesser windet sie sich dann mit der Chaussee gleichlaufend an dem Gehänge entlang, im allgemeinen ansteigend, wenn auch an verschiedenen Stellen zur Vermeidung bedeutender Erdarbeiten verlorene Gefälle nicht gescheut sind. Bis Stat. 262 hat sie sich wieder auf Ord. + 460,20 gehoben, und hier schliefst sich die Waagerechte für die Endstation Tanne an, welche so gelegen ist, dafs eine Verlängerung der Bahn darüber hinaus ohne Schwierigkeit ausgeführt werden kann.

Die ganze Länge der Bahn beträgt von der Abzweigung aus der Hüttenbahn rd. 27200 m, wobei die Kopfstation Bast doppelt in Rechnung gezogen ist. Hiervon liegen etwa 13160 m oder 48 % in Geraden, 14040 m oder 52 % in Krümmungen, und von letzteren haben wieder:

570 m einen Halbm. von	180 m	3740 m einen Halbm. von	300 m
2240 m - - -	200 m	245 m - - -	350 m
4850 m - - -	250 m	175 m - - -	400 m
290 m - - -	270 m	810 m - - -	500 m
710 m - - -	280 m	410 m - - -	1000 m

Die geringste Länge der Geraden zwischen zwei in gleichem Sinne gerichteten Krümmungen beträgt 22,2 m, zwischen zwei im entgegengesetzten Sinne geschwungenen Krümmungen 9,2 m; aufserdem schliefsen auf dem Bahnhofe Rübeland drei Krümmungen von verschiedenem Halbmesser ohne Zwischengerade an einander an.

5340 m oder 19,3 %, die Bahnhöfe und Ladestellen für den Freiladeverkehr mit eingerechnet, liegen in der Waagerechten, 21860 m oder 80,7 % in Steigungen. Von letzteren entfallen 6632 m auf 10 Zahnstangenstrecken und zwar:

4960 m mit Steigung	1:16,67
370 m - -	1:18
82 m - -	1:19,25
280 m - -	1:20
385 m - -	1:25
400 m - -	1:28,6
155 m - -	1:∞

Die kürzeste Zahnstangenstrecke ist 285 m, die längste rund 1550 m lang.

Hier mag gleich bemerkt werden, dafs ein Schieben der Züge in Aussicht genommen ist; es mufs daher an dem unteren Ende einer Zahnstangenstrecke die Zahnstange selbst um Zuglänge über den Gefällwechsel hinausreichen, damit die Locomotive den Zug in die stärkere Steigung hineinzudrücken vermag. Das Mafs

dieser Verlängerung beträgt etwa 100 m, also für 10 Zahnstangenstrecken 1000 m, sodafs im ganzen, da auch die Zahnstange über den oberen Gefällwechsel um ein gewisses Mafs hinausgeführt werden mufs, gegen 7800 m Bahn mit Zahnstange versehen werden.

Von den Reibungsbahnstrecken liegen:

4760 m in der stärksten zugelassenen Steigung 1 : 40
2510 m - Steigung 1 : 41 bis 1 : 50
5100 m - - 1 : 51 - 1 : 100
2860 m - - unter 1 : 100.

Zur Bestimmung der durchschnittlichen Steigung ist zunächst die Gesamtsteigung zu ermitteln. Der Höhenunterschied beträgt zwischen:

Stat. 0 (Ord. + 230,22)	bis Stat. 60 (Ord. + 477,40)	....	247,18 m
- 60 (- + 477,40)	- - 95 (- + 378,20)	....	99,20 m
- 95 (- + 378,20)	- - 164 (- + 503,50)	....	125,30 m
- 164 (- + 503,50)	- - 205 (- + 425,57)	....	77,93 m
- 205 (- + 425,57)	- - 212 (- + 437,23)	....	11,66 m
- 212 (- + 437,23)	- - 215 (- + 433,23)	....	4,00 m
- 215 (- + 433,23)	- - 229 (- + 450,25)	....	17,02 m
- 229 (- + 450,25)	- - 232 (- + 446,75)	....	3,50 m
- 232 (- + 446,75)	- - 257 (- + 468,75)	....	22,00 m
- 257 (- + 468,75)	- - 264 (- + 460,20)	....	8,55 m
		zusammen	616,34 m

Dies ergiebt eine durchschnittliche Steigung von 1 : 44.

Baubeschreibung.

Nach den Erörterungen der Linienführung, der Krümmungs- und Steigungsverhältnisse der Harzbahn mag noch einiges über die Bauausführung gesagt werden, was schon heute um so eher geschehen kann, als die hauptsächlichsten Erd- und Felsarbeiten in der Strecke zwischen Blankenburg und Rübeland als vollendet zu betrachten, diejenigen zwischen Rübeland und Elbingerode der Vollendung nahe gebracht und die noch rückständigen zwischen Elbingerode und Tanne als verhältnifsmäfsig gering zu erachten sind.

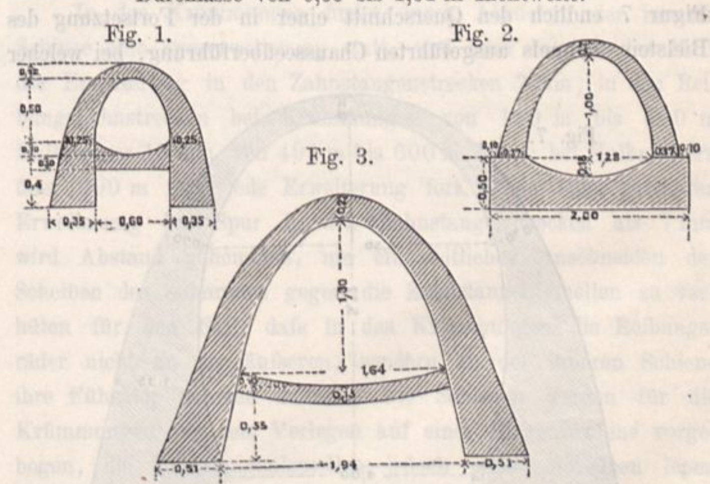
Die gesamte zu bewegende Bodenmasse beziffert sich auf etwa 350000 cbm, ist also trotz der gewählten erheblichen Steigungen ziemlich bedeutend. Hiervon entfallen auf die Strecke Blankenburg-Rübeland allein gegen 220000 cbm. Kurze Dämme und Einschnitte von 8 bis 12 m Höhe kommen vielfach vor; zwischen den Stationen 26 und 28 erreicht die Einschnittstiefe und zwischen den Stationen 31 und 33 die Dammschüttung sogar eine Höhe von 20 m.

Die Breite des rauhen Planums beträgt bei Aufträgen bis zu 5 m Höhe 4,10 m, über 5 m Höhe 4,70 m, in den Einschnitten 3,90 m; in den letzteren wird, da die Bahn meistens an Berghängen entlang oder durch vortretende Gebirgsnasen hindurch geführt wird, in der Regel nur an der Bergseite ein Seitengraben von 1 m oberer Breite bei 0,40 m Sohlenbreite und 0,30 m Tiefe angelegt. — Die Dammschüttungen erhalten Böschungen von 1 : 1,5, die Einschnitte je nach der Bodenbeschaffenheit im festen Kalkfelsen nahezu senkrechte, in loserem Gestein und Erde 0,5 bis 1,5 fache Anlage. In dem unteren Theil der Strecke wird vielfach Schiefergebirge durchschnitten, welches je nach dem Einfallen der Schichten steilere oder flachere Böschungsanlage erheischte. In der Nähe von Rübeland und Elbingerode liegen die Dämme oft an steilen Gehängen, und hier wird aufser einer sehr sorgfältigen Abtreppung stets noch der Böschungsfufs auf etwa 1,5 m Höhe durch eine kräftige Steinpackung gesichert, welche des besseren Haltens wegen in Lagen senkrecht zur Böschungslinie hergestellt wird. An denjenigen Stellen, an welchen der beschränkten Oertlichkeit wegen die Dammböschungen steilere als $1^1/_2$ fache Anlage erhalten müssen, wird Pflasterung oder Trockenmauerwerk angewandt. Die Trockenmauern erreichen die beträchtliche Höhe bis zu 10 m; ihre Stärke richtet sich nach der Böschungsneigung und ihrer Höhe.

Bei Ausführung der Kunstbauten waltet überall das Bestreben ob, das Mauerwerk aus den leicht erhältichen, entweder in den Bahneinschnitten selbst oder aus nahen Fundorten gewonnenen, wetterfesten Bruchsteinen ohne nennenswerthe Bearbeitung, aber unter Verwendung vorzüglichen Mörtels auszuführen. Quader- und Ziegelmauerwerk würden, da die Materialien in der gebirgigen Gegend auf theilweise sehr schlechten Wegen zur Baustelle gebracht werden müfsten, die Anlagekosten so wesentlich erhöhen, dafs es nur gerechtfertigt erscheinen mufs, die leichter zu beschaffenden, zum gröfsten Theile ohne wesentliche Nebenkosten aus den Einschnitten gewonnenen Bruchsteine zu verwenden. Wir glauben, hierbei noch besonders darauf hinweisen zu müssen, dafs man in allen solchen Fällen, in welchen wetterfeste Bruchsteine zur Verfügung stehen, diese unter Verwendung guten Cementmörtels stets an die Stelle theurer Quader- oder Ziegelsteine setzen sollte, da sich mit denselben bei richtiger Behandlung, namentlich Verlegung der Steine in ein volles Mörtelbett, ein vorzügliches Mauerwerk herstellen und an den Baukosten in der Regel eine bedeutende Ersparnifs erzielen läfst. In Oesterreich, in der Schweiz, namentlich auch in Frankreich hat man sich dieser Ausführungsweise schon längst in ausgedehntem Mafse bedient, neuerdings kommt sie auch in Deutschland mehr und mehr in Aufnahme, erhält hier jedoch bei weitem noch nicht die Beachtung und praktische Verwerthung, welche sie verdient (vgl. hierzu Centralbl. d. Bauv. 1885, S. 473 ff.).

Bei den Brücken und Durchlässen der Harzbahn ist fast durchweg die Form der Gewölbe der theoretischen Stützlinie angepafst, die Bogenform bis zur Sohle fortgesetzt, sodafs eigentliche Widerlager nicht vorhanden sind; die Bauwerke werden daher mit dem geringsten erforderlichen Material ausgeführt.

Durchlässe von 0,60 bis 1,64 m Lichtweite.



Die Figuren 1 bis 3 zeigen Muster für Durchlässe von 0,60, 1,28 und 1,64 m Lichtweite, wie sie unter Dämmen von 0,20 bis 12,0 m Höhe zur Ausführung gelangen; der Querschnitt Fig. 2 ist sogar unter einem Damm von 20,0 m zur Anwendung ge-

kommen. Geringe Verdrückungen einiger dieser Bauwerke sind zwar nicht ausgeblieben, dieselben sind jedoch nicht eine Folge der Constructionsart, sondern haben in mangelhaftem Untergrund und unvorsichtiger Gegenschüttung der Bodenmassen ihren Grund, sind übrigens so unbedeutend, dafs der Bestand der Gewölbe keineswegs gefährdet worden ist. Ueberall da, wo fester Baugrund vorhanden war, ist bis jetzt irgend welche Formänderung der Gewölbe trotz der bedeutenden darauf ruhenden Lasten nicht beobachtet worden.

An den Enden und bei gröfserer Länge auch noch an verschiedenen Stellen in der Mitte erhalten die Durchlässe 0,80 m

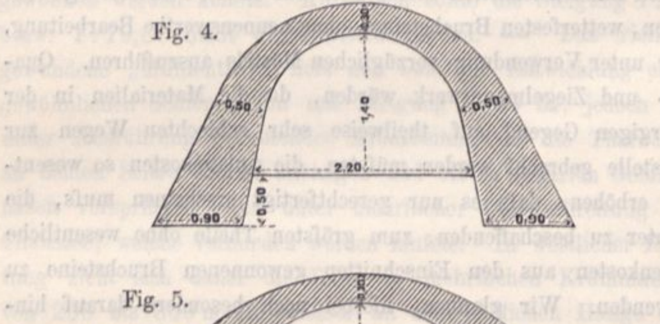


Fig. 4.

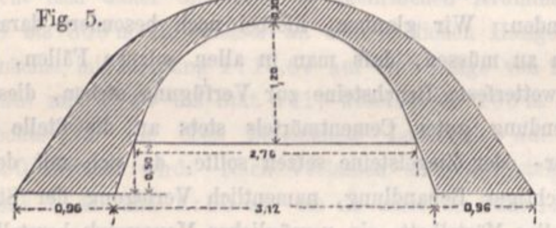


Fig. 5.

bis 1,00 m starke Herdmauern. Figur 4 und 5 zeigen den Querschnitt von Mühlgrabenüberbrückungen in Rübeland, welche zur Gewinnung von Grundfläche für den Bahnhof in einer Länge

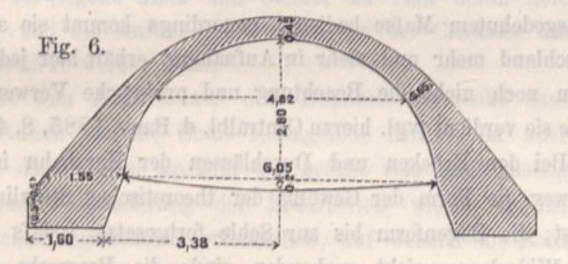


Fig. 6.

von etwa 350 m ausgeführt werden; Figur 6 giebt den Querschnitt einer 5,05 m weiten, unter einem Winkel von 60° gegen die Bahnachse geneigten Brücke über den Obergraben daselbst, Figur 7 endlich den Querschnitt einer in der Fortsetzung des Bielstein-Tunnels ausgeführten Chausseeüberführung, bei welcher

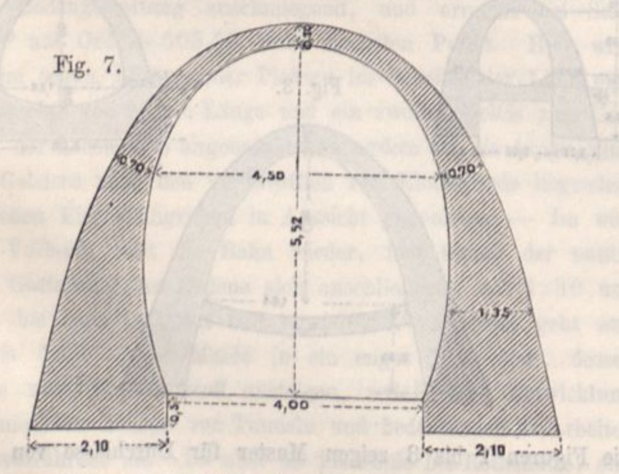


Fig. 7.

die innere Leibung dem Tunnelquerschnitt angepafst ist. Dieses Bauwerk ist einer amtlichen Belastungsprobe unterworfen worden in der Weise, dafs eine gefüllte Strafsenwalze von 75000 kg Gewicht über dasselbe gefahren und im Scheitel des Gewölbes von einem künstlich hergestellten Absatz von 22 cm Höhe plötzlich herabgelassen wurde. Bei dem dadurch hervorgerufenen heftigen Schlage zeigten sich bleibende Veränderungen im Bauwerk überhaupt nicht, und als elastische Formänderung wurde nur im Scheitel eine Senkung von etwa einem Millimeter ermittelt, während das Gewölbe in den Bruchfugen keinerlei Veränderung erlitten hatte. Das Bauwerk hat also diese scharfe Belastungsprobe glänzend bestanden. Der unter einem Winkel von 60° gegen die Bahnachse geneigte Viaduct bei Rothehütte mit vier Oeffnungen von je 7,9 m normaler Lichtweite, einer Pfeilhöhe von 3,30 m, einer Gewölbestärke von 0,75 m im Scheitel und 0,85 m am Kämpfer ist gleichfalls aus Bruchsteinen in Cementmörtel ausgeführt, nur die Kämpfersteine auf den Mittelpfeilern sind besonders aus Granit bearbeitet. Der Mörtel wird gemischt aus Cement und gekörnter Hochofenschlacke im Verhältnifs 1 : 3 bis 1 : 5 oder aus Cement und Bode-Kies im gleichen Mischungsverhältnifs. Beide Mörtelarten haben sich vorzüglich bewährt. Für die kleineren Rohrdurchlässe werden Cementrohre von 0,35 m Weite verwendet.

Die sämtlichen Kunstbauten führt die Cementbau-Gesellschaft Liebold u. Comp. in Holzminden gegen vorher vereinbarte Einheitspreise aus; die Leistungen derselben verdienen volle Anerkennung.

Mit eisernem Ueberbau sind nur einige Wegeunterführungen für untergeordnete Wege versehen. Damit der Oberbau über dieselben in gleicher Weise wie auf der freien Strecke hinweg gestreckt werden kann, wird über die Hauptträger Wellblech gelegt, welches die Kiesbettung trägt.

Der Bielstein-Tunnel von 470 m Länge hat in Planumshöhe eine untere Lichtweite von 3,70 m, eine gröfste Weite von 4,50 m und eine lichte Höhe von 5,00 m über Schienenoberkante. Der Querschnitt des 185 m langen Bismarck-Tunnels hat die gleichen Abmessungen, nur beträgt die gröfste Weite des Tunnels wegen seiner Lage in der Krümmung 4,70 m. Beide Tunnel sind mit Bruchsteinen in hydraulischem Mörtel ausgemauert; der Mörtel besteht aus 1 Theil Cement, $1^1/_2$ Theilen hydraulischem Kalk und 7 Theilen gekörnter Hochofenschlacke; die Stärke des Verkleidungsmauerwerks ist in der First 0,50 m, an der Sohle 0,80 m.

Die Erdarbeiten und die Tunnel führt der Bauunternehmer Brauns aus Goslar gegen vereinbarte Einheitssätze aus.

Der Oberbau (vgl. Bl. 17 u. Bl. 18).

In der Einleitung wurde bereits erwähnt, dafs bei der Harzbahn das dem früher in der Schweiz, jetzt in Paris wohnhaften Ingenieur Roman Abt patentirte Oberbausystem mit dreitheiliger Zahnschiene zur Ausführung gelangt. Es ist dies das erste Mal, dafs das System Abt praktische Anwendung findet.

Der Oberbau ist mit dem Unterschiede, dafs in den Zahnstangenstrecken aufser sonstigen geringfügigen Aenderungen in der Form und Entfernung der Querschwellen noch die Zahnstange in der Geleisachse hinzutritt, in den Reibungsbahn- und Zahnstangenstrecken gleich. Die Bahn hat Vollspur von 1,435 m. Die Stahlschienen von 7035 mm vorgeschriebener Länge und 30 kg Gewicht für 1 m haben eine Höhe von 120 mm, eine Kopfbreite von 57 mm, eine Fufsbreite von 95 mm und eine Stegdicke von 13 mm. Die flufseisernen Querschwellen nach dem Profil der Hilf'schen Langschwelle ohne Mittelrippe haben

2200 mm Länge, 220 mm Breite, 60 mm Höhe und ein Gewicht von 40 kg das Stück. An den Enden sind sie durch einfache Umbördelung geschlossen, aufserdem sind in 375 mm Entfernung von der Mitte Winkel eingenietet, damit der Kies unter der Schwelle sich weder nach aufsen, noch nach der Geleisachse zu verschieben kann. Gerade für die mit Zahnstange versehenen Strecken ist es von besonderer Wichtigkeit, dafs die Schwellen in der Mitte ganz frei liegen, damit sie auch hier, wenn die Enden unter der Last der Räder heruntergedrückt werden, entsprechend nachgeben, und ein Aufsetzen der Zahnräder der Locomotive in den Lücken der Zahnstange vermieden wird. Beim Unterstopfen wird daher unter dem mittleren Theile der Schwelle ein vollständig hohler Raum belassen. Zur Erzielung der Schienenneigung sind die Schwellen etwas aufgebogen.

Die Entfernung der Schwellen von einander wird in den Zahnstangenstrecken durch die Länge der einzelnen Zahnstangentheile, welche ein Vielfaches der Schwellentheilung bilden müssen, bedingt und beträgt hier überall, also auch am Stofs, 880 mm; in der Reibungsbahn werden dagegen die Schwellen am Stofs näher zusammen, und zwar auf 550 mm von Mitte zu Mitte, und nach der Schienenmitte hin weiter auseinander gerückt, ohne dafs die Anzahl der unter einer Schiene lagernden Schwellen vergröfsert würde, und zwar nimmt die Schwellenentfernung von 550 auf 900, 920, 940 bis zu 970 mm zu.

Die Stofsdeckung der mit schwebendem Stofs verlegten Schienen erfolgt durch kräftige Winkellaschen von 540 mm Länge und 8,11 kg Gewicht, welche mittels 4 Stück 23 mm starker Laschenschrauben von 109 mm Länge und 0,31 kg Gewicht gegen die Schienen geprefst werden. In den Zahnstangenstrecken wird entsprechend der gröfseren Schwellenentfernung die äufsere Lasche durch eine solche mit nach unten verlängertem Schenkel ersetzt. Die Länge dieser Lasche von 660 mm ist so bemessen, dafs sie zwischen die Stofsschwellen hineinpafst; der tiefer hinabreichende Schenkel stützt sich auf diese Weise gegen die Schwelle, wodurch ein wirksames Mittel gegen das Wandern geboten wird.

Zur Befestigung der Schienen auf den Schwellen dienen Keile und Klammern, wie sie schon vielfach, namentlich auch bei der Bergisch-Märkischen Bahn, verwendet sind.

In den Zahnstangenstrecken tritt zur Gewinnung der mechanischen Reibung die Zahnstange hinzu, welche mit der Geleisachse zusammenfällt. Da nun die Locomotiven sowohl auf den Zahnstangen- als auch auf den Reibungsbahnstrecken verkehren sollen, also auch Weichen und Kreuzungen auf den Bahnhöfen durchfahren müssen, so ist es erforderlich, dafs die Angriffslinie der Zähne höher liegt als die Schienenoberkante. Bei der Harzbahn liegt die Oberkante der Zahnstange 70 mm höher als die Oberkante der Schiene.

Bei den seither gebauten Zahnstangenbahnen ist die wohl jedem Techniker bekannte Riggenbach'sche eintheilige Leiterschiene zur Anwendung gekommen. Herr Abt wendet dagegen bei seinem System die mehrtheilige Zahnstange mit verschränkter Verzahnung an. Bei der Harzbahn ist die dreitheilige Stange gewählt, die Anzahl der nebeneinander liegenden Einzelstangen kann jedoch auf zwei verringert oder auch vergröfsert werden, ohne dafs das Princip geändert wird.

Jede einzelne der drei neben einander liegenden Zahnstangen besteht aus 2636 mm langen, 110 mm hohen und 20 mm starken Lamellen; letztere haben also die dreifache Länge der Schwellentheilung, wobei an den Enden ein Gesamtspielraum von 4 mm für die Längenänderung bei Temperaturunterschieden verbleibt. Die Lamellen werden nun so verlegt, dafs die Stöfse gegen einander versetzt werden, also auf jeder Schwelle ein Stofs einer Zahnstange stattfindet. Neben den beiden an einander stofsenden Enden einer Lamelle befinden sich demnach stets noch zwei durchgehende Lamellen, die Zusammensetzung der Zahnstangen wird dadurch eine fortlaufende. Das Material, aus welchem die Zahnstange hergestellt wird, ist Thomasstahl. Zur Vermittlung der Verbindung der einzelnen Lamellen unter einander und auf den Schwellen dienen kleine Stühlchen aus Stahlgufs. Dieselben bestehen aus zwei symmetrischen Theilen, welche im Querschnitt ungefähr die Form einer Vignolesschiene zeigen. Am Kopf haben sie Ansätze, auf welchen die Lamellen gelagert werden, so dafs an jede Seite eines Einzelstuhls eine Lamelle sich anlegt und die mittlere Lamelle zwischen beide Stühle hineinpafst. Der Zwischenraum, welcher dabei zwischen je zwei Lamellen verbleibt, beträgt 35 mm. In der Achsrichtung des Geleises sind die Stühle so geformt, dafs sie auf die Schwellen sich aufsatteln, und an den Enden erhalten sie Verstärkungsrippen, sodafs die Seitenansicht die Gestalt eines offenen Kästchens zeigt. Die Befestigung der Stühle geschieht gleichfalls mittels Keile und Klammern, sodafs die gewöhnlichen Schienenbefestigungsmittel auch hier Verwendung finden.

Für Befestigung der Zahnstangen unter sich und mit den Stühlen haben letztere in ihren oberen Theilen Durchbohrungen, durch welche zwei 20 mm starke Befestigungsbolzen gezogen werden. Der Stofs der äufseren Lamellen wird durch aufgelegte Flacheisen von 148 mm Länge, 50 mm Breite und 7 mm Stärke gedeckt, die Muttern der Befestigungsbolzen werden durch Federringe gegen das selbstthätige Losrütteln gesichert.

Jede Zahnstangenlamelle hat zur Befestigung an den Stühlen entsprechende Durchbohrungen, durch welche die Bolzen gezogen werden, und zwar sind dieselben an den Enden oval, in der Mitte rund. Die Bolzen haben aber auch auf den Mittelschwellen in den Bolzenlöchern ein geringes Spiel, welches für die Längenänderungen bei Temperaturunterschieden ausreicht. Bei den hohen Wärmegraden dieses Sommers sind Verbiegungen der Zahnstange, welche aus mangelndem Spielraum an den Verbindungsstellen herrühren könnten, nicht beobachtet worden.

In den Krümmungen findet durch Abrücken der inneren Schiene eine Spurerweiterung statt, und zwar beträgt das Mafs der Erweiterung in den Zahnstangenstrecken 7 mm, in den Reibungsbahnstrecken bei Krümmungen von 180 m bis 400 m Halbmesser 13 mm, von 401 m bis 600 m 7 mm; bei Halbmessern über 600 m fällt jede Erweiterung fort. Von einer gröfseren Erweiterung der Spur in den Zahnstangenstrecken als 7 mm wird Abstand genommen, um ein seitliches Anschneiden der Scheiben des Zahnrades gegen die Zahnstangenlamellen zu verhüten für den Fall, dafs in den Krümmungen die Reibungsräder nicht an der äufseren, sondern an der inneren Schiene ihre Führung nehmen sollten. Die Schienen werden für die Krümmungen vor dem Verlegen auf einer Biegemaschine vorgebogen, die Zahnstangenlamellen jedoch nicht; dieselben legen sich aber, da sie auf je 880 mm eine feste Verbindung mit der Schwelle haben, mit Leichtigkeit in die Krümmungen ein. Jeder Zahnstangenoberbau erfordert eine grofse Genauigkeit, und namentlich ist in den Krümmungen ganz besondere Aufmerksamkeit zu beobachten. Die Schienen müssen sowohl für den äufseren als

auch für den inneren Strang dem jeweiligen Krümmungshalbmesser entsprechend abgelängt werden, man thut daher gut, für die Krümmungen bei Zahnstangenbahnen möglichst einen und denselben Halbmesser zu wählen oder wenigstens nicht zu viele verschiedene Halbmesser anzuwenden.

Das Bettungsmaterial besteht bei der Harzbahn aus einer unteren dicht gesetzten, 15 cm starken Packlage von wetterfesten Steinen und einer gleichfalls 15 cm starken Decklage von Feinschlag, über welchen zum späteren Nachstopfen und Verfüllen noch Hochofenschlacke gebracht wird. Da also das Bettungsmaterial ein ganz vorzügliches ist, ferner die Schienenbefestigung mit Keil und Krampen eine innige Verbindung zwischen Schienen und Schwellen erzeugt, so ist von der Herstellung fester Steinsätze, welche wohl bei älteren Zahnstangenbahnen meistens gegen das Wandern des Geleises angeordnet sind, Abstand genommen.

Einen besonderen Theil des Oberbaues bildet die sogenannte Zahnstangeneinfahrt, welche an denjenigen Stellen angelegt werden mufs, an denen die Reibungsbahn in die Zahnstangenbahn übergeht und umgekehrt, und welche auf Blatt 18 dargestellt ist. Dieselbe besteht aus einem Zahnstangenstück, welches am oberen Ende durch Gelenke mit der eigentlichen Zahnstange verbunden ist und auf Federn ruht. Bei den bisher gebauten Zahnradlocomotiven waren, weil bei denselben die Reibungs- und Zahnräder miteinander starr gekuppelt waren, die Reibungsräder ausschlaggebend, und es wurde die Zahntheilung in der Zahnstangeneinfahrt am Anfange etwas gröfser genommen, bis sie alsdann allmählich in die normale überging. Bei der Abt'schen Construction sind dagegen Zahnrad- und Reibungsmechanismus vollständig von einander getrennt, jeder arbeitet unabhängig für sich; es sind ferner zwei mit einander gekuppelte Zahntreibräder vorhanden, und die Zahntheilung in der Einfahrt mufs daher eine vollständig normale sein. Unter jeder Einfahrt waren ursprünglich 8 Spiralfedern vorgesehen, von denen jede einzelne sich bei einem Drucke von 600 kg um 35 mm eindrücken sollte, es stellte sich aber bald heraus, dafs die Federkraft zu hoch angenommen war und es zweckmäfsiger sei, den Einfahrten ein leichteres Spiel zu geben. Es sind daher bei der Harzbahn die 4 mittleren Spiralfedern aus den Einfahrten entfernt und die vorderen durch solche von 300 kg Tragkraft ersetzt, wodurch eine ruhige und sanfte Einfahrt der Locomotive in die Zahnstange erzielt worden ist. Die Spiralfedern ruhen auf eisernen Platten, auf denen sich gefäfsartige Aufsätze befinden, welche die Federn gegen seitliche Verschiebung sichern, und die Platten werden ihrerseits wieder auf festere Betonunterlagen mit je 4 Ankerbolzen verankert.

Der Vorgang bei dem Einfahren der Locomotive in die Zahnstangeneinfahrt ist nun folgender: Das Zahnrad findet entweder sofort den richtigen Eingriff, oder es läuft auf die Zähne der Einfahrt auf. In letzterem Falle wird die Zahnstange herabgedrückt; weil sie aber auf starken Federn ruht, so ist doch so viel Reibung zwischen Zahnrad und Zahnstange vorhanden, dafs das Zahnrad in Umdrehung versetzt wird. Das Rad wickelt sich also ab, aber nicht mit seinem Theilkreise, sondern mit dem Kopfkreise, der einen um 40 mm gröfseren Durchmesser als ersterer hat. Während einer Umdrehung des Rades legt demgemäfs das Rad einen Weg von 1686 mm zurück, der sich auf 13 Zähne vertheilt und auf der Zahnstange einem Wege von 1360 mm entspricht, und dieser Unterschied von 326 mm ist mehr als genügend, um das Zahnrad zum Eingriff zu bringen.

Die Bahnhöfe der Harzbahn bieten gegen diejenigen anderer Bahnen nichts besonders Bemerkenswerthes dar. Sie liegen in horizontalen Strecken, die Weichenverbindungen sind die der gewöhnlichen Reibungsbahnen, und nur auf denjenigen Stationen, auf welchen ein Umsetzen der stets an der Thalseite des Zuges befindlichen Locomotive stattfindet, wird ein besonderes Geleis zum Umfahren des Zuges angebracht.

Ueber die Locomotiven, deren ausführlichere Beschreibung in einer binnen kurzem in Glasers Annalen erscheinenden Veröffentlichung*) des Herrn Bahndirector Schneider erfolgen und auf welche hier verwiesen wird, mag kurz so viel gesagt werden, dafs dieselbe zwei Cylinderpaare hat, von denen das eine für den Reibungs-, das zweite für den Zahnradmechanismus bestimmt ist. Wir haben es hier also mit zwei Maschinen zu thun, welche an einem und demselben Rahmen sitzen, aber vollständig unabhängig von einander arbeiten. Die Locomotive ist eine Tenderlocomotive mit drei gekuppelten Treibachsen, von denen die beiden Endachsen ein zweites Rahmenpaar zur Aufnahme des Zahnradmechanismus mit zwei gekuppelten Zahntreibachsen tragen. Die Maschinen können zusammen eine Zugkraft von 11530 kg ausüben, von denen 6000 kg auf die Reibungs- und 5530 kg auf die Zahnradcylinder entfallen. Die Hauptabmessungen der Abt'schen Locomotive ergeben sich aus der folgenden Zusammenstellung.

Cylinderdurchmesser der Reibungs-Maschine . .	450 mm
- - Zahnrad- - . .	300 -
Kolbenhub - Reibungs- - . .	600 -
- - Zahnrad- - . .	600 -
Durchmesser der Reibungstreibräder	1250 -
- - Zahnräder im Theilkreise . .	550 -
Radstand der 3 gekuppelten Reibungstreibräder	3050 -
- - 2 - Zahnräder . . .	2180 -
Innerer Durchmesser des Kessels	1408 -
Länge des Kessels zwischen den Rohrwänden .	4050 -
Innere Länge der Feuerkiste	1665 -
- Breite - -	1100 -
Anzahl der Siederöhren	252 -
Durchmesser der Siederöhren	45 mm
Directe Heizfläche	9,1 qm
Indirecte -	142,3 -
Gesamte -	151,4 -
Rostfläche	1,85 -
Dampfdruck	10 Atm.
Ganze Länge der Locomotive einschl. Buffer .	10320 mm
Gröfste Breite - -	3140 -
- Höhe - -	4250 -
Gewicht - - im Dienst . . .	55 t
Reibungsgewicht der - bei vollem Kasten	43 t
- - - bei $^1/_2$ vollem -	40 t

Gröfste Nutzlast 120 t ausschl. Locomotive bei 12 km Geschwindigkeit in der Stunde in einer Steigung 1:16,67 = 60 ‰.

Das gesamte Oberbaumaterial mit Ausnahme des Kleineisenzeugs, welches aus der Fabrik von Funke u. Hueck in Hagen

---

*) Die Veröffentlichung ist an bezeichnetem Orte erfolgt unterm 15. September 1885, Bd. XVII. Heft 6. D. R.

bezogen wird, liefert die Dortmunder Union, die Locomotiven die Maschinenfabrik Efslingen. Zahnstangen und Locomotiven sind mit grofser Sorgfalt und Genauigkeit hergestellt, und den Fabriken gebührt für die vorzügliche Ausführung entschiedenes Lob.

Mit der Fertigstellung der ganzen Linie bis Tanne, welche im nächsten Sommer zu erwarten steht, wird in der Harzbahn ein Werk geschaffen sein, welches den Bewohnern unserer Berge eine günstigere Aussicht in die Zukunft eröffnet, da ihnen alsdann die Hoffnung winkt, auch der Wohlthaten der Eisenbahnverbindungen theilhaftig zu werden. Hoffen wir somit, dafs durch die vorbeschriebene Bahn dem Ausbau der Bergbahnen ein neuer, kräftiger Antrieb gegeben sei, und dafs derselben in Bälde ähnliche Anlagen nachfolgen werden, damit die Erzeugnisse der Gebirge ihre Verwerthung finden können und die mühsam emporstrebenden Gewerbszweige neu gekräftigt und belebt werden. Zu unserer Freude glauben wir schon jetzt die sicheren Anzeichen zu erkennen, dafs auf dem beschrittenen Wege rüstig weiter vorgegangen werden wird.

Blankenburg a/Harz, im August 1885. Emil Peters.

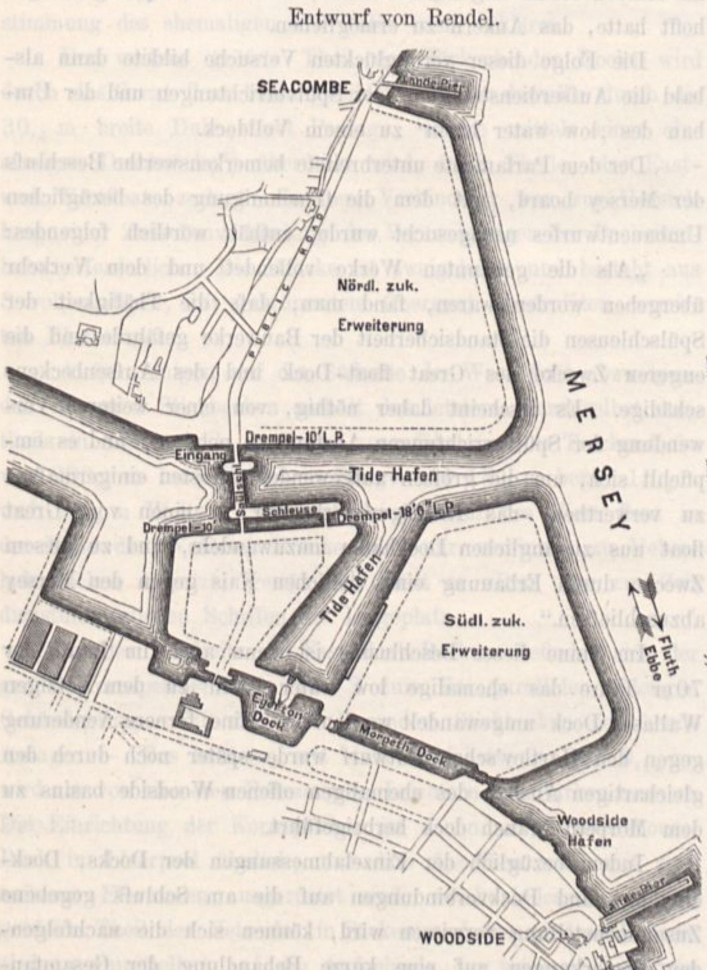
Die Dock- und Hafenanlagen in Liverpool und Birkenhead.

(Schlufs.)*)

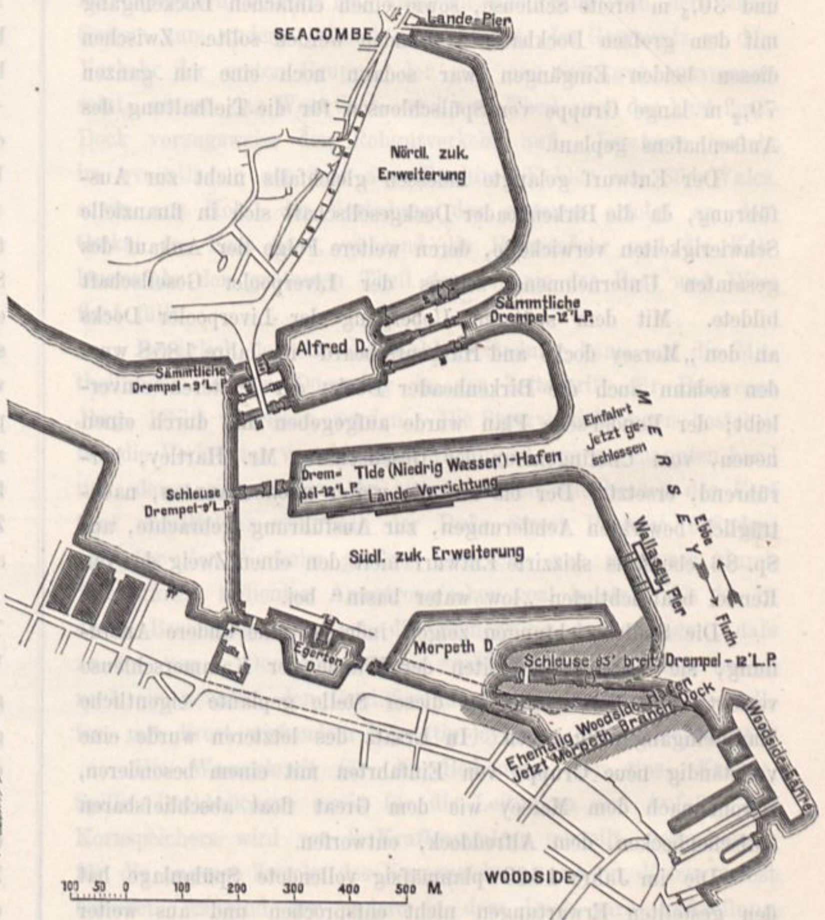
II. Die Anlagen in Birkenhead.

Birkenhead, in der Grafschaft Chester, Liverpool gegenüber, am linken Ufer des Mersey gelegen, verdankt, wie Liverpool, der Anlage der Docks sein schnelles Emporblühen. Während heute die Einwohnerzahl des Ortes an 60000 beträgt, zählte selbiger zu Anfang dieses Jahrhunderts nur wenige Hunderte. Mehr noch als die Liverpooler sind die Birkenheader Docks eine Schöpfung der jüngsten Zeit, und zwar der letztverflossenen 3 Jahrzehnte. Ihre Gründung war die natürliche Folge des schnellen Wachsthums der Verkehrsanlagen am Liverpooler Ufer, dessen nunmehr fast als abgeschlossen zu betrachtender Ausbau den Ueberschufs des Verkehrs an das Birkenheader Ufer abzugeben zwang.

Entwurf von Rendel.



Entwurf und Ausführung von Hartley.



Die Anlage der Birkenheader Docks wurde zum wesentlichen dadurch unterstützt, dafs eine tief in das Cheshire-Ufer einschneidende Thalsenke — der ehemalige Wallasey Pool — den eigentlichen Erdausbau ungemein erleichterte, sowie auch durch den Umstand, dafs der dem Cheshire-Ufer näher liegende Stromstrich des Mersey die Dockeinfahrt zur Zeit der niedrigen Tide hier verhältnifsmäfsig günstig gestaltet. Dem Laufe dieser Thalsenke folgend, ist nunmehr an Stelle derselben im Laufe der letzten Jahre eine gröfsere Reihe von Docks entstanden, von denen die tiefer landeinwärts belegenen, das East und West

*) Siehe Jahrg. 1885 dieser Zeitschr., S. 383 u. f. und Blatt 56 im Atlas.

float, in ihrer unregelmäfsigen Uferausbildung die Eigenart des ehemaligen Wasserlaufes unverkennbar bis heute bewahrt haben, während die dem Mersey zunächst benachbarten einen regelmäfsigen Ausbau aufweisen.

Die erste Anregung zur Ausnutzung des Wallasey Pool's für die Anlage von Docks gab im Jahre 1827 der Birkenheader Werfter Wm. Laird. Der Plan, bei dem bemerkenswertherweise die Einfahrt nicht vom Mersey, sondern von Mockbagger Wharf am nördlichen Cheshire-Ufer aus gedacht war, blieb indessen zufolge der seitens der Liverpooler Kaufmannschaft in den Weg gelegten Schwierigkeiten geraume Zeit hindurch unausgeführt, bis es im Jahre 1844 dem Sohne des Genannten, dem späteren Parlamentsmitgliede John Laird, gelang, eine betreffende Bill im englischen Unterhause durchzusetzen.

Im Jahre 1847 wurden bereits die beiden von Rendel gebauten Docks, das Morpeth- und das Egertondock, eröffnet, nachdem der von demselben Ingenieur für den weiteren Ausbau des East und West float zu dem jetzigen langgestreckten Dockbecken aufgestellte Entwurf die allgemeine Billigung des Parlaments erhalten hatte.

Eine Skizze dieses ersten, im Laufe der Jahre 1847 bis 1853 etwas weiter abgeänderten Planes ist hier auf Sp. 85 gegeben. Danach beabsichtigte Rendel, den Haupteingang zu dem Great Float mittels eines offenen Tidebeckens (das Great low water basin) herzustellen, welches durch eine $152,_4$ m lange und $30,_5$ m breite Schleuse, sowie einen einfachen Dockeingang mit dem grofsen Dockhafen verbunden werden sollte. Zwischen diesen beiden Eingängen war sodann noch eine im ganzen $79,_2$ m lange Gruppe von Spülschleusen für die Tiefhaltung des Aufsenhafens geplant.

Der Entwurf gelangte indessen gleichfalls nicht zur Ausführung, da die Birkenheader Dockgesellschaft sich in finanzielle Schwierigkeiten verwickelte, deren weitere Folge der Ankauf des gesamten Unternehmens seitens der Liverpooler Gesellschaft bildete. Mit dem späteren Uebergang der Liverpooler Docks an den „Mersey docks and Harbours board" im Jahre 1858 wurden sodann auch die Birkenheader Docks der letzteren einverleibt; der Rendel'sche Plan wurde aufgegeben und durch einen neuen, vom Chefingenieur der Gesellschaft, Mr. Hartley, herrührend, ersetzt. Der bis auf die weiter nachbenannten, nachträglich bewirkten Aenderungen, zur Ausführung gebrachte, auf Sp. 86 ebenfalls skizzirte Entwurf hielt den einen Zweig des von Rendel beabsichtigten „low water basin" bei.

Die Spülvorrichtungen zeigen indessen eine andere Anordnung, sie wurden zu Seiten der Wände der Kammerschleuse verlegt, und der zweite an dieser Stelle geplante eigentliche Haupteingang aufgegeben. In Ersatz des letzteren wurde eine vollständig neue Gruppe von Einfahrten mit einem besonderen, sowohl nach dem Mersey wie dem Great float abschliefsbaren Zwischenbecken, dem Alfreddock, entworfen.

Die im Jahre 1863 planmäfsig vollendete Spülanlage hat den gestellten Erwartungen nicht entsprochen und aus weiter unten mitgetheilten Gründen wieder beseitigt werden müssen.*) Einige wenige Bemerkungen über dieselbe dürften unter diesen Verhältnissen genügen.

*) Vgl. Mittheilungen von Justen in der Ztschr. f. Bauwesen Jhrg. 1862 und 1865, ferner Lentz „die künstliche Spülung von Seehäfen" Ztschrft. f. Bauwesen Jhrg. 1868.

Die Spülschleusen bestanden aus 2 zu beiden Seiten der Kammerschleuse angeordneten, nach der Great float-Seite durch Stemmthore geschlossenen $9,_{14}$ m breiten Kammern. Die letzteren waren überwölbt und mit Sohlengefälle angeordnet. Der untere Auslauf wurde durch eine gröfsere Anzahl von je $1,_{58}$ m breiten und $2,_{44}$ m hohen, mit durch Wasserkraft bewegten Schützen versehenen Vertheilungscanälen gebildet, welche an eine trichterartige, mit Luftschächten überbaute Erweiterung anschlossen und dicht oberhalb der Sohle des Bassins in einer Tiefe von $5,_5$ m O. D. S. mündeten. Die gesamte, durch die 20 vorhandenen Vertheilungscanäle geöffnete Querschnittsfläche betrug rund 77 qm.

Es ist wohl selbstverständlich, dafs die beabsichtigte Wirkung der Anlage, das Aufsenbecken bis zu einer Tiefe von $-6,_{50}$ m L. P. zu spülen, zwar nicht ausblieb, indessen zeigte sich gleichzeitig, dafs die zufolge ihrer Lage in dem ehemaligen Wallasey Pool gröfserentheils auf Pfahlrost gegründeten Bauwerke nicht im Stande waren, dem gewaltigen Stofse des Wassers genügenden Widerstand zu leisten. Dabei war die Strömung ebensowohl in dem Aufsenbecken, wie auch in dem Great float-Dock, dessen Spiegelsenkung nach jeder Spülung rd. $1,_{60}$ m betrug, so heftig, dafs sie sogar den in letzterem liegenden Schiffen gefährlich wurde, geschweige denn es zuliefs, den im Aufsenbecken liegenden Schiffen, wie man ursprünglich gehofft hatte, das Ankern zu ermöglichen.

Die Folge dieser verunglückten Versuche bildete dann alsbald die Aufserdienststellung der Spülvorrichtungen und der Umbau des ‚low water basin' zu einem Volldock.

Der dem Parlamente unterbreitete bemerkenswerthe Beschlufs der Mersey board, mit dem die Genehmigung des bezüglichen Umbauentwurfes nachgesucht wurde, enthält wörtlich folgendes:

„Als die genannten Werke vollendet und dem Verkehr übergeben worden waren, fand man, dafs die Thätigkeit der Spülschleusen die Standsicherheit der Bauwerke gefährde und die engeren Zwecke des Great float-Dock und des Aufsenbeckens schädige. Es erscheint daher nöthig, von einer weiteren Verwendung der Spülvorrichtungen Abstand zu nehmen, und es empfiehlt sich, um die grofsen aufgewendeten Kosten einigermafsen zu verwerthen, das Niedrigwasserbecken in einen vom Great float aus zugänglichen Dockhafen umzuwandeln, und zu diesem Zwecke durch Erbauung eines östlichen Kais gegen den Mersey abzuschliefsen."

Im Sinne dieses Beschlusses ist denn auch im Laufe der 70er Jahre das ehemalige low water basin zu dem jetzigen Wallasey Dock umgewandelt worden. — Eine fernere Aenderung gegen den Hartley'schen Entwurf wurde später noch durch den gleichartigen Ausbau des ehemaligen offenen Woodside basins zu dem Morpeth branch dock herbeigeführt.

Indem bezüglich der Einzelabmessungen der Docks, Dockeingänge und Dockverbindungen auf die am Schlufs gegebene Zusammenstellung verwiesen wird, können sich die nachfolgenden Bemerkungen auf eine kurze Behandlung der Gesamtanordnung der Birkenheader Anlagen, soweit sich diese von denen der Liverpooler Docks abweichend gestaltet, beschränken.

Der Hauptzugang zu den Birkenheader Docks erfolgt vom Alfreddock aus. Es ist dasselbe durch 3 Kammerschleusen, von $30,_{48}$ m, $9,_{14}$ m und $15,_{23}$ m Weite mit dem Mersey einerseits und dem East float andrerseits verbunden. Gewöhnlich wird das Alfreddock als Halbtidehafen benutzt, in welchem Falle die

Aufsenschleusen alsdann vollständig geöffnet sind. Ein zweiter, $25,_{4}$ m weiter Eingang findet vom Morpethdock aus, — gleichfalls mittels einer Kammerschleuse — statt; die weitere Durchfahrt durch das mit dem East float in Verbindung stehende Egertondock ist dagegen zu $21,_{34}$ m Weite ermäfsigt. — Sämtliche Aufseneingänge sind durch doppelte Thorpaare geschlossen. Ihre Drempel liegen sämtlich an — $3,_{66}$ m L. P., d. i. $1,_{22}$ m bis $1,_{83}$ m tiefer als die meisten der Liverpooler Eingangsdrempel. Es ermöglichen daher die Birkenheader Docks noch eine Zufahrt auch zur Zeit der Nippfluth, bei welcher dies die Liverpooler Docks für tiefer gehende Schiffe nicht mehr gestatten. Es würde sich dies Verhältnifs noch günstiger gestalten, wenn die Wassertiefe des Mersey selbst, namentlich in Höhe des Alfreddocks, eine volle Ausnutzung der tiefen Drempellage zuliefse.

Der Zweck der Ausbildung der sämtlichen Birkenheader Aufseneingänge mittels Kammerschleusen ist aufser aus den angeführten Gründen noch daraus besonders herzuleiten, dafs der rege Verkehr der Kohlenbarken, mittels deren die Verproviantirung der auf dem Mersey ankernden überseeischen Dampfer erfolgt, die Möglichkeit einer Zufahrt von, bezw. zu den am Great float verzweigten Kohlentips zu jeder Zeit der Tide bedingt.

Die im Verhältnifs zu der geringen Einfahrtsbreite des Wallasey-Docks von $15,_{2}$ m bedeutende Drempeltiefe (— $2,_{74}$ m bezw. — $3,_{66}$ m) dürfte sich zur Genüge aus der früheren Bestimmung des ehemaligen low water basin erklären.

Der weitaus gröfste Theil der Birkenheader Docks wird durch das Great float basin gebildet. Es ist dasselbe durch die $30,_{4}$ m breite Duke-street Passage, welche mittels einer einarmigen Drehbrücke*) überführt wird, in 2 Theile, das East- und Westfloat, zerlegt. Letztere Verbindung war zur Herstellung einer Zwischenverbindung der Verzweigungen der Dockeisenbahn erforderlich. Die Brücke ist zweigeleisig und besteht aus 3 vollwandigen, mit gekrümmtem Obergurt construirten, armirten Blechträgern.

Aufser einigen auf der Südseite der West float abzweigenden kleineren Stichbecken enthält das letztere ebendaselbst drei, theils in Stein, theils in Beton ausgeführte grofse Trockendocks von $283,_{5}$ m bezw. $228,_{6}$ m Länge und $18,_{3}$ m bezw. $15,_{3}$ m und $25,_{9}$ m Weite. Der westliche Auslauf des West float in der Nähe der Wallasey-Brücke wird nur vereinzelt zu Ueberladezwecken benutzt, gewöhnlich dient er alten oder zur Zeit dienstuntauglichen Schiffen als Liegeplatz.

An der Nordseite des East float-Beckens befindet sich der grofse Kornspeicher, eine aus 2 zum Kai parallelen oblongen Gebäudegruppen mit zwischen liegendem Stichbecken bestehende Anlage. — Das letztere, mit einer Einfahrtsweite von $9,_{14}$ m, wird nur von kleineren Fahrzeugen, Leichtern und Barken benutzt. Die Einrichtung der Kornspeicher ist denen am Cornwarehouse-Dock in Liverpool ähnlich, nur dafs dieselben noch mit zwei äufseren Elevatoren ausgerüstet sind, welche indessen, da der gröfsere Theil des Getreides in Säcken verladen wird und dieses alsdann unmittelbar auf die Aufnehmer der inneren Elevatoren gelangt, nur selten benutzt werden.

Was die Ausstattung der Kais anlangt, so hat man bei den Birkenheader Anlagen 2 Gruppen zu unterscheiden. Die dem Mersey zunächst belegenen Dockbecken, so namentlich das Wallasey-, Egerton- und Morpeth-Dock, zeigen eine ähnliche Anordnung wie die Liverpooler, wenngleich sich durch die Einführung von Eisenbahngeleisen gewisse Aenderungen des dort üblichen Systems ergeben mufsten.

Die Kais dieser ersteren Gruppe sind gröfserentheils mit Ueberladeschuppen oder mehrstöckigen Speichern besetzt, welche bis dicht an die Kais heranrücken und nach dieser Seite im Untergeschofs offen hergestellt sind. Theilweise verschliefsbar ist letzteres nur bei solchen, welche für die Aufnahme von Gütern bestimmt sind, die, wie Salz, Zucker u. s. w., Feuchtigkeit nicht vertragen.

Wo Geleise in die Schuppen hineingeführt wurden, befinden sich diese in gröfserer Entfernung von den Kais, sodafs ein unmittelbarer Ueberladeverkehr zwischen Eisenbahn und Schiff gleichfalls nicht stattfindet. Aus diesem Grunde konnte das System der fahrbaren Krahne hierselbst ebensowenig Wurzel fassen; die auf der Birkenheader Seite, und zwar in reicherem Mafse wie auf den Liverpooler Kais, vorhandenen Krahne sind vielmehr durchweg gleichfalls als feste Krahne ausgeführt.

Die zweite Gruppe der am Great float belegenen Kais unterscheidet sich dadurch von der vorigen, dafs der unmittelbare Ueberladeverkehr zwischen Eisenbahn und Schiff hierselbst in den Vordergrund tritt. — Es ist dies namentlich auf den Kais des West float der Fall, während auf denen des East float, dessen Südkai gröfserentheils gleichfalls mit Schuppen und Speichern besetzt ist, sich ein Uebergang von dem einen System zum andern geltend gemacht hat. Im Gegensatz zu dem Verkehr der ersten Gruppe, der sich aus Stückgut zusammensetzt, nimmt das West float- und zum Theil auch das East float-Dock vorzugsweise den Rohgutverkehr auf. Letzterer besteht im wesentlichen aus Salz aus Cheshire, Kohlen aus Süd-Wales, sowie aus Holz; die Verladung des ersteren erfolgt an dem Ostkai des East float, während die Holzeinfuhr und die Kohlenausfuhr den gröfseren Theil des Südkais des East und West float füllt.

Bezüglich der Art der Kohlenverladung kann auf die Mittheilungen von v. Dömming in der Zeitschrift für Bauwesen Jhrg. 1878 verwiesen werden. Die Sturzvorrichtungen bestehen für die Verladung von kleinen Fahrzeugen aus sogenannten hand tips, deren sich mehrere an einem kleinen Stichbecken des East float unmittelbar unterhalb der Duke Street Passage befinden, und für den Verkehr grofser Seeschiffe aus mehreren durch Wasserkraft bedienten Armstrong'schen coal hoists. Es ist in dieser Beziehung nur noch die Bemerkung nachzutragen, dafs zu den von v. Dömming bereits erwähnten hydraulischen hoists, noch ein neueres, den Cardiffern ähnliches, in Eisen hergestelltes, mit direct wirkendem Kipp (tip-)cylinder hinzugetreten ist.*)

Die Wasserkraft für die Bedienung der tips, Krahne, Spille, Drehbrücken, sowie für die Leitungen und Aufzüge des Kornspeichers wird von 2 Kraftsammlern gestellt, deren einer, für die engeren Zwecke des Kornspeichers, sich in diesem selbst befindet, während der andere in dem Dock yard Aufstellung gefunden hat.

Von gröfseren Krahnen sind namentlich noch ein 80 ton-Krahn, der gröfste des Dock Estate, sowie ein hoher armirter Schoorenkrahn am West float zu erwähnen.

*) Vgl. Mittheilungen von Juston, Zeitschrift für Bauwesen Jhrg. 1859 u. 1863.

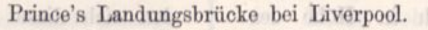
*) Bezüglich der Construction derselben vgl. aufser vorgenannter Quelle „Institution of mechanical engineers, Proceedings August 1874. Cardiff meetings part I.

Alle weiteren Einzelheiten über Gröfse, Einfahrtsweiten und Tiefen der Birkenheader Docks sind aus der am Schlusse folgenden Zusammenstellung zu entnehmen.

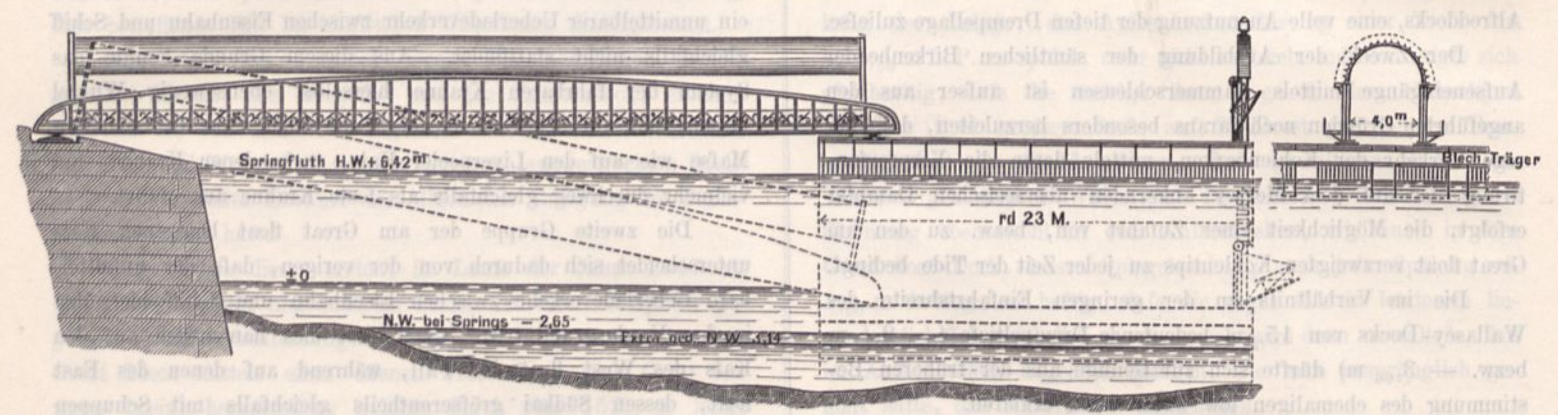
Die Merseyfähren.

Der Localverkehr auf dem Mersey erstreckt sich vorzugsweise auf die Verbindung der Stadt Liverpool mit dem gegenüber liegenden Cheshire-Ufer, namentlich seinem Vororte, der schnell aufblühenden Hafenstadt Birkenhead. Die daselbst in grofser Anzahl laufenden Dampfschiffe tragen daher durchweg den Charakter und auch den Namen von Dampffähren (ferries). Die weiter stromaufwärs gerichtete Schiffahrt ist, sieht man von den neu gegründeten, der London & North Western Eisenbahn gehörigen Docks zu Garston, ungefähr 4 englische Meilen oberhalb Liverpool, ab, für den engeren Handelsverkehr — bis zur etwaigen Fertigstellung des geplanten Manchester Seecanals — von nur untergeordneter Bedeutung, da die Schiffbarkeit des Mersey schon oberhalb der Runcorn Brücke, des Uebergangspunktes genannter Eisenbahnlinie, aufser für flach gehende Canalschiffe ihren Abschlufs erreicht.

Den Ausgangspunkt für die Fährboote bildet auf dem Liverpooler Ufer die Landebrücke am Prince's Pier.



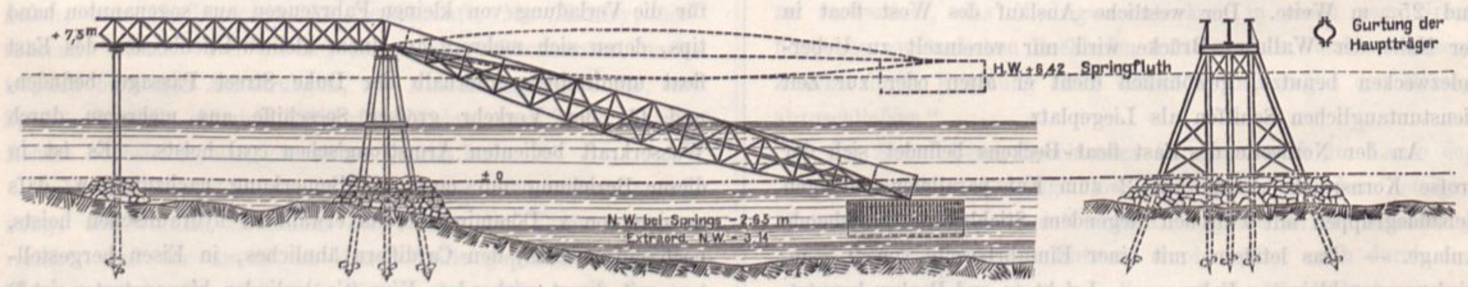
Prince's Landungsbrücke bei Liverpool.



Derselbe, ein schwimmender Pier von rund 629 m Länge und $24,_4$ m Breite, wird durch eine grofse Anzahl dicht neben einander liegender schwimmender Kasten aus Schmiedeeisen gebildet, welche durch rd. 1 m hohe Kastenblechträger der Länge nach verbunden sind. Aufser durch Ketten wird derselbe noch durch ungewöhnlich kräftige Schooren gehalten, welche halbparabelförmig und gleichfalls als vollwandige, $1,_0$ m breite und $0,_8$ bis $1,_5$ m hohe Kastenträger construirt, auf dem Ufer sowie dem Pier mittels fester Gelenke aufruhen. Er ist durch 7 feste Laufbrücken und eine schwimmende Schiffbrücke mit dem Ufer, der Princesdock- und George's Parade verbunden.

Die ersteren sind rund $4,_0$ m im Lichten weit und werden durch halbparabelförmige Kastenträger, zum Theil noch mit aufserhalb liegenden Consolfufswegen, gebildet, deren obere Gurtungen durch aufwärts gebogene, gleichfalls kastenförmig ausgebildete Querträger der Steifigkeit halber noch verbunden sind. Die von diesen ausschliefslich dem Personenverkehr dienenden Laufbrücken haben eine halbkreisförmige Glasüberdachung erhalten. Die Neigung dieser am Ufer mittels festen und auf dem Pier mittels beweglichen Gelenklagers aufruhenden — zum Theil auch von Fuhrwerk benutzten Brücken — beträgt zur Zeit des niedrigsten Wassers im Mittel 1 : 8.

Neue Fähre oberhalb Birkenhead.



Die zweitgenannte, vermittelst Prahmen hergestellte schwimmende Verbindung, welche vorzugsweise dem Verkehr des Landfuhrwerks zu dienen hat, ist hinsichtlich ihrer Neigung erheblich günstiger hergestellt. Letztere dürfte hier bei Niedrigwasser 1 : 25 nicht übersteigen, während dieselbe zur Zeit des Hochwassers sich nahezu waagerecht ausgleicht. — Die durch hölzerne Fachwerkträger verbundenen schmiedeeisernen Prahme sind zu diesem Zwecke in eine durch Flügelmauern umschlossene gemauerte Rampe hineingeführt, auf die dieselben zur Zeit des Niedrig-Wassers zum Theil trocken aufsetzen. Die Zufahrtsrampe enthält 2 von Schienen umschlossene Fahrwege nebst 2 seitlichen Fufswegen. Der Pier schwimmt in einer Entfernung von rund 30 m vom Ufer; seine Höhenlage über dem Wasserspiegel beträgt rund $1,_8$ m; seine Abdeckung ist durchweg mittels Bohlenbelags erfolgt, dessen Oberfläche eine durchaus waagerechte Fläche bietet. Eine gröfsere Anzahl von leichten Holzpavillons, Erfrischungshallen, Warte- und Expeditionsräume enthaltend, befindet sich über seine Länge vertheilt.

Bemerkenswerth ist noch die Bauart der Uebergangsvorrichtungen vom Pier nach den anlegenden Fährdampfern. Dieselben sind durch portalartige, in den umgebenden Geländern ausgesparte feste Säuleneinbauten hergestellt, innerhalb deren sich ein zweites, um einen Mittelzapfen bewegliches kleines Portal befindet. Mit letzterem ist sodann mittels in Fufsboden-

höhe liegender Gelenke eine Klappe verbunden, deren freies Ende durch Ketten gefafst wird. Die Bewegung der letzteren erfolgt ungemein rasch und sicher durch Wasserkraft. — Die besonderen Vorzüge dieser Verbindung beruhen in der durchaus sicheren, und den Längsbewegungen der Schiffe leicht folgenden Lage der Uebergangsklappe, sowie in der sicheren Absperrung des Verkehrs nach der erfolgter Abfahrt der Dampfer.

Das beschriebene ‚Landing Stage' ist seit dem Jahre 1876 dem Verkehr übergeben, nachdem das ehemalige im Jahre 1874 durch eine Gasexplosion vollständig zerstört worden war. — Letzteres, zum Theil schon im Jahre 1847*) erbaut, bestand aus 2 Theilen, dem George's und Prince's Stage, die durch allmälige Verlängerung derselben im Laufe der Jahre vergröfsert und schliefslich, kurz vor dem gedachten Zeitpunkte, vereinigt worden waren.

Der Landepier wird vorzugsweise von den Fährdampfern, sowie den regelmäfsig fahrenden Localküstendampfern benutzt; während die überseeischen Post- und Personendampfer, wegen mangelnder Wassertiefe am Pier, den gröfseren Theil der sie benutzenden Reisenden auf der offenen Rhede aufnehmen.

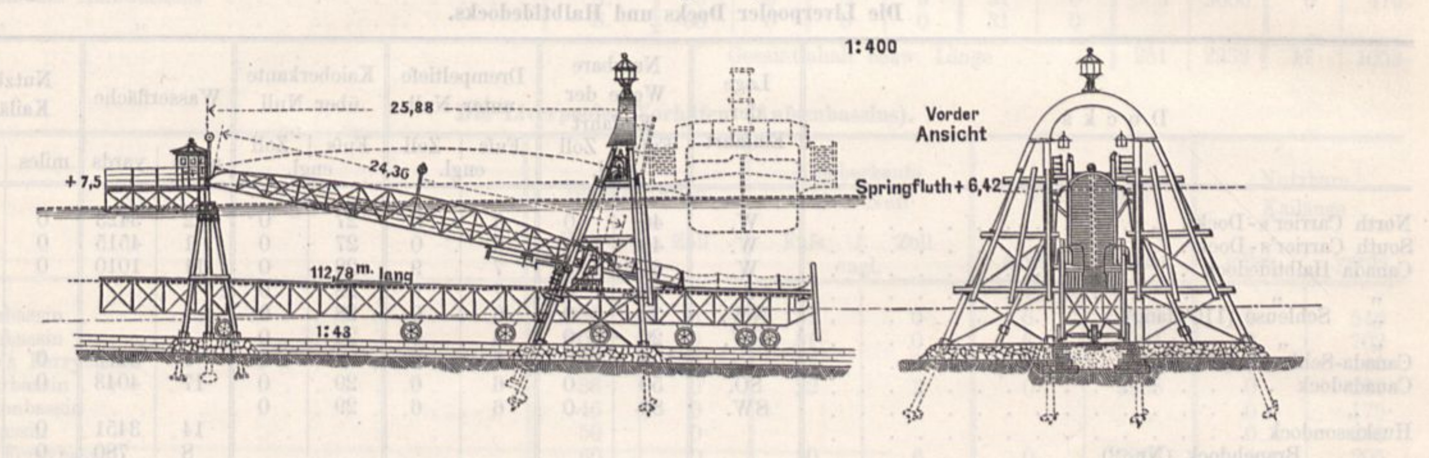
Die Landepiere der Cheshire-Küste sind im Gegensatz zu denen der Liverpooler Seite auf eine gröfsere Strecke vertheilt. — Stromabwärts gezählt, folgen sich dieselben in nachstehender Ordnung:

New ferry, Rock ferry, Tranmere f., Birkenhead f., Monks f., Woodside f., Great Western Rw. f., Seacombe f., Egremont f., New Brighton ferry.

Als von bemerkenswerther Anordnung sind die nachfolgenden hervorzuheben:

New ferry, der südlichste der Landepiere, oberhalb Birkenhead, wird durch einen festen $260,_8$ m langen, auf eisernen Schraubepfählen gegründeten und mittels eiserner Fachwerksträger überbauten Laufgang gebildet, der durch Fischbauchträger mit einem schwimmenden Schiffskasten verbunden ist.

Ladevorrichtung in Egremont.



Woodside ferry*) vermittelt den Hauptverkehr zwischen Liverpool einerseits und den Birkenheader Docks sowie der Woodside Station der Great Western and London & North Western Joint Railways andererseits. Die Lande-Vorrichtung ist genau der Liverpooler entsprechend construirt; sie ist 244 m lang, $24,_4$ m breit und durch zwei feste, sowie eine, gleichfalls auf Pontons schwimmende, mittels Rampe in das Kai zurücktretende Brücke mit dem Ufer verbunden.

Egremont ferry, im Jahre 1877 vollendet, ist eine eigenartige Landevorrichtung, die sich von den vorbeschriebenen dadurch wesentlich unterscheidet, dafs sie des Schwimmprahmes entbehrt. — Sie besteht im wesentlichen aus einem festen, eisernen, $83,_8$ m langen und $10,_{66}$ m über Niedrigwasser hohen, auf Schraubenpfählen gegründeten Pier, einem gleichfalls festen, duc d'Albe-artigen, eisernen Gerüst-Dolphin, sowie einem auf einem Betonbette verschieblich eingerichteten eisernen Laufwagen. Die Verbindung zwischen dem festen Pier und dem Dolphin wird durch eine einerseits in Gelenken, andrerseits mittels Ketten bewegliche, $24,_4$ m lange Laufbrücke mit parabolischen Hauptträgern gebildet. Zur Zeit der Fluth — wie auch Nachts — befindet sich der 113 m lange Laufwagen innerhalb des festen Piers eingezogen, und alsdann erfolgt das Anlegen der Fährdampfer an genanntem Dolphin, während zur Zeit der Ebbe der Laufwagen, dem jedesmaligen Wasserstande entsprechend, in die See hinausreicht, und letzterer alsdann als Anlegebrücke dient.

Sämtliche Bewegungen werden bemerkenswertherweise trotz der gefährdeten Lage des Piers durch Wasserkraft bewirkt. Eingehende Mittheilungen über genannte eigenartige Construction finden sich von demselben Verfasser in der Deutschen Bztg. Jhrg. 1881.

Der Pier zu New Brigthon setzt sich aus 2 Theilen zusammen. Der erstere, der eigentliche Landepier ist der vorbeschriebenen New ferry entsprechend hergestellt; derselbe besteht aus einer festen eisernen Laufbrücke, welche durch eine gleiche bewegliche mit den Anlegepontons verbunden ist. — Der zweite Theil enthält den bekannten Promenadenpier, einen gleichfalls auf eisernen, in den felsigen Untergrund eingelassenen Pfählen aufgesetzten Eisenfachwerksbau, von $110,_7$ m Länge und $22,_8$ m bis $39,_6$ m Breite. Die geräumige Plattform desselben ist mit einer grofsen Anzahl leichter, zum Theil sogar mehrstöckiger Baulichkeiten, Orchesterhallen, einem Aussichtsthurme u. s. w. besetzt.

Der Zugang zu dem Promenadenpier, dessen „Deck" der tanz- und schaulustigen Einwohnerschaft Liverpools, sowie namentlich den New Brightoner Badegästen als beliebter Ausflugspunkt dient, findet von dem festen Theil des parallel laufenden Landepiers aus statt.

*) Vgl. Mittheilungen von Justen in der Ztschrft. für Bauwesen Jhrg. 1863.

Tidescala für Liverpool.

Die Wasserstandsmarken sind auf den Nullpunkt des selbstzeichnenden Pegels an George's Pier (Nullpunkt in Höhe der Drempelordinate des old dock) bezogen.

		in engl. Fuſs		in Meter
Hochwassermarken	Auſsergewöhnliche Springfluthen	+25'	0"	7,61
	Mittlere Aequinoctialfluthen	+21'	1"	6,43
	Mittlere Springfluthen unter Einschluſs der Aequinoctialen	+19'	½"	5,80
	Mittlere Springfluthen unter Ausschluſs der Aequinoctialen	+18'	10"	5,74
	Mittleres Hochwasser	+15'	6"	4,62
	Starke Nippfluthen	+14'	8"	4,47
	Mittlere Nippfluthen	+11'	7"	3,53
	Auſsergewöhnlich schwache Nippfluthen	+ 8'	7"	2,62
	Mittelwasser, (Ordonance Datum)	+ 5'	0"	1,52
Niedrigwassermarken	Auſsergewöhnlich schwache Nippfluthen	+ 4'	1"	1,24
	Mittlere Nippfluthen	— 1'	5"	0,46
	Starke Nippfluthen	— 3'	10"	1,17
	Mittleres Niedrigwasser	— 5'	6½"	1,75
	Mittlere Springfluthen unter Ausschluſs der Aequinoctialen	— 8'	8"	2,64
	Mittlere Springfluthen unter Einschluſs der Aequinoctialen	— 8'	10"	2,69
	Auſsergewöhnliche Springfluthen	—10'	4"	3,15

Die Liverpooler Docks und Halbtidedocks.

Docks	Lage der Einfahrt	Nutzbare Weite der Einfahrt Fuſs (engl.)	Zoll	Drempeltiefe unter Null Fuſs (engl.)	Zoll	Kaioberkante über Null Fuſs (engl.)	Zoll	Wasserfläche acres	yards	Nutzbare Kailänge miles	yards
North Carrier's-Dock	W.	40	0	6	0	27	0	2	3423	0	641
South Carrier's-Dock	W.	40	0	6	0	27	0	1	4515	0	615
Canada Halbtidedock	W.	60	0	7	9	28	0	11	1010	0	1002
" "	S.	80	0	7	9	28	0				
" Schleuse (110' lang)	NW.	32	0	6	0	28	0				
" " "	SW.	20	0	6	0	28	0				
Canada-Schleuse (498' lang)		100	0	7	9	28	0	1	3479	0	487
Canadadock	SO.	50	0	6	6	29	0	17	4043	0	1272
"	SW.	80	0	6	6	29	0				
Huskissondock								14	3451	0	939
" Branchdock (Nr. 2)								8	780	0	890
" " (Nr. 1)								7	592	0	910
" " Schleuse (338' lang)	O.	80	0	6	6	26	0	0	4682	0	342
" " "	W.	45	0	6	0	26	0	0	3650	0	330
Sandondock	W.	70	0	6	6	30	11	10	100	0	867
Wellington Halbtidedock	O.	70	0	6	9	30	9	3	813	0	400
" "	W.	50	0	6	6	28	0				
Wellingtondock	W.	70	0	6	6	31	0	7	4120	0	820
Bramley-Mooredock	N.	60	0	6	0	26	0	9	3106	0	935
" "	S.	60	0	6	0	26	0				
Nelsondock	S.	60	0	6	6	26	0	7	4786	0	803
Stanleydock	W.	51	0	5	8	29	0	7	120	0	753
"	Canal	18	0	2	6	29	0				
Canalbassin, vermiethet an die Bridgewater Navigation Co.	W.	18	0	O. D. S.		26	0	0	920	0	110
Collingwooddock	W.	60	0	6	9	26	0	5	244	0	553
"	Canal	18	0	2	6	26	0				
Salisburydock	West N.	60	0	6	11	26	0	3	2146	0	406
"	West Mittl.	50	0	6	11	26	0				
"	West S.	18	0	2	6	26	0				
Clarence Trockendockbassin	N.	45	0	4	9	26	0	1	1056	0	291
" "	S.	44	6	4	6	26	6				
Clarence Halbtidedock	W.	50	0	5	0	26	8	4	1794	0	635
Clarencedock	W.	47	0	3	2	26	0	6	273	0	914
Trafalgar-Schleuse	N.	45	0	6	7	23	10	0	2937	0	256
Trafalgardock	N.	44	3	6	7	21	11	5	4546	0	764
Victoriadock	N.	45	0	4	11	21	11	5	3559	0	755
"	S.	50	0	6	6	26	0				
Waterloodock	S.	60	0	8	0	22	1	3	2146	0	533
Corn Warehousedock	S.	60	0	8	0	22	1	2	3375	0	506
Prince's Halbtidedock	West N.	65	0	8	0	31	0	4	3250	0	429
" " Schleuse (110' lang)	West Mittl.	32	0	8	0	31	0				
"	West S.	65	0	8	0	31	0				
Prince's-Dock	N.	45	0	5	11	27	5	11	1490	0	1178
George's-Dock								5	154	0	645
George's-Dock-passage	S.	40	3	4	6	24	5	0	2439	0	356
Manchesterdock	W.	32	10	0 (über Null)	3	23	3	1	595	0	339
Manchester-Schleuse (86' lang)	W.	33	8	3	9	24	3	0	315	0	57
Canningdock	W.	45	0	6	1	26	2	4	376	0	585

Docks	Lage der Einfahrt	Nutzbare Weite der Einfahrt Fuſs engl.	Zoll engl.	Drempeltiefe unter Null Fuſs engl.	Zoll engl.	Kaioberkante über Null Fuſs engl.	Zoll engl.	Wasserfläche acres	yards	Nutzbare Kailänge miles	yards
Canning Halbtidedock	West N.	45	0	6	3	28	3	2	2688	0	429
" "	West S.	45	0	6	3	28	3				
Albertdock	N.	45	0	6	4	26	0	7	3542	0	885
"	O.	45	0	6	0	26	0				
Salthousedock	N.	45	0	6	0	26	0	6	2019	0	784
Wappingbassin	N.	50	0	6	0	26	0	1	3151	0	454
"	S.	50	0	6	0	26	0				
"	W.	40	0	6	0	25	0				
Wappingdock	W.	50	0	6	0	26	0	5	499	0	815
"	S.	50	0	6	0	26	0				
King's-Dock	S.	42	0	5	0	26	1	7	3896	0	875
Queen's Halbtidedock	West N.	70	0	6	9	31	0	3	3542	0	445
" "	West S.	50	0	6	9	31	0				
Queen's-Dock	W.	50	0	6	0	26	0	10	1564	0	1214
"	S.	60	0	6	6	28	9				
Coburgdock	W.	70	0	6	0	30	6	8	26	0	1053
Hrunswickdock	N.	60	0	6	6	27	0	12	3010	0	1086
"	W.	42	0	5	6	26	0				
Brunswick Halbtidedock	W.	45	0	6	0	26	6	1	3388	0	491
Toxtethdock	W.	40	0	5	0	26	0	1	469	0	393
Harringtondock	W.	29	9	1	2	23	1	0	3740	0	315
Herculaneum Halbtidedock	N.	80	0	8	0	31	0	3	3000	0	416
" "	S.	60	0	8	0	31	0				
Gesamtinhalt bezw. Länge								251	2339	17	1053

Die Liverpooler Vorhäfen (Aufsenbassins).

Vorhäfen	Einfahrtsweite Fuſs engl.	Zoll engl.	Kaioberkante über Null Fuſs engl.	Zoll engl.	Wasserfläche acres	yards	Nutzbare Kailänge miles	yards
Canadabassin	250	0	32	0	6	4528	0	546
Sandonbassin	200	0	31	0	6	904	0	702
George's Ferrybassin	67	0	22	8	0	1344	0	160
Chesterbassin	36	0	22	2	0	2568	0	288
Andertonbassin	46	0					0	175
Eaglebassin	50	0					0	260
South Ferrybassin	60	0	30	6	0	2927	0	205
Harringtonbassin	40	0	23	3	0	3917	0	308
Herculaneumbassin	40	0	26	0	0	2200	0	204
Gesamtinhalt bezw. Fläche der Liverpooler Vorhäfen							1	1088

Die Liverpooler Trockendocks.

Trockendocks	Bezeichnung der Einfahrt	Weite der Einfahrt Fuſs engl.	Zoll engl.	Drempeltiefe unter Null Fuſs engl.	Zoll engl.	Kaioberkante über Null Fuſs engl.	Zoll engl.	Länge der Kammern im Einzelnen Fuſs engl.	Zoll engl.	Länge der Kammern im Ganzen Fuſs engl.	Zoll engl.
Huskisson-Schleuse als Trockendock		80	0	6	6	26	0			395	0
Sandon-Trockendocks, Nr. 1	O.	60	0	3	6	26	0	565	0		
" " Nr. 2	"	70	0	3	6	26	0	565	0		
" " Nr. 3	"	60	0	3	6	26	0	565	0		
" " Nr. 4	"	70	0	3	6	26	0	565	0		
" " Nr. 5	"	45	0	3	6	26	0	565	0		
" " Nr. 6	W.	45	0	3	6	26	0	565	0	3390	0
Clarence-Trockendock, Nr. 1	N. Aufsen	45	0	3	0	26	6	451	0		
" " "	N. Innen	45	0	0	6	18	0	289	0		
" " Nr. 2	S. Aufsen	45	0	3	0	26	6	454	0		
" " "	S. Innen	32	10	0	6	18	0	286	0	1480	0
Prince's-Trockendock		45	0	5	9	28	2			277	4
Canning-Trockendocks, Nr. 1	N.	35	9	+1	$8\frac{1}{2}$	23	3	436	0		
" " Nr. 2	S.	35	9	0	$0\frac{1}{2}$	23	$3\frac{1}{2}$	482	0	918	0
Queen's-Trockendocks, Nr. 1	O.	42	0	1	$8\frac{1}{4}$	27	$7\frac{3}{4}$	465	0		
" " Nr. 2	W.	70	0	3	6	27	5	467	0	932	0
Brunswick-Trockendocks Nr. 1	O.	41	0	2	6	26	6	460	0		
" " Nr. 2	W.	41	6	2	6	26	6	462	0	922	0
Herculaneum-Trockendocks Nr. 1	W.	60	0	4	0	26	0	758	6		
" " Nr. 2	O.	60	0	4	0	26	0	753	0	1511	6
Gesamte Kammerlänge der Liverpooler Trockendocks										9825	10

Die Birkenheader Docks.

Docks	Bezeichnung der Einfahrt	Nutzbare Weite der Einfahrt Fuſs	Zoll engl.	Drempeltiefe unter Null Fuſs	Zoll engl.	Kaioberkante über Null Fuſs	Zoll engl.	Wasserfläche acres	yards	Nutzbare Kailänge miles	yards
West Float								52	319	2	210
Bassin near Canada Works	W.	50	0					1	2554	0	543
" " " "	O.	50	0					1	84	0	390
Duke Street Passage		100	0	7	6	26	6				
East Float								59	3789	1	1506
Corn Warehouse Dock		30	0	O. D. S.		26	0	1	453	0	555
Railway Companies' Bassin								0	606	0	113
Dock an Stelle des Low Water Bassin								12	3813	0	1261
Schleuse (238' lang)		50	0			26	0	0	1333	0	234
Innendrempel				9	0						
Auſsendrempel				12	0						
Innere Nordeingänge	N.	100	0	9	0	26	0			0	242
Schleuse (198' lang)	M.	30	0			26	0	0	667	0	242
Innendrempel				9	0						
Auſsendrempel				12	0						
Schleuse (274' lang)	S.	50	0			26	0	0	1522	0	300
Innendrempel				9	0						
Auſsendrempel				12	0						
Alfreddock								8	2922	0	482
Aeuſsere Nordeingänge											
Schleuse (348' lang)	N.	100	0	12	0	31	0	0	3886	0	352
" (198' ")	M.	30	0	12	0	26	0	0	667	0	377
" (398' ")	S.	50	0	12	0	26	0	0	2222	0	391
Egertondock	W.	70	0	7	4	25	0	3	4011	0	754
Morpethdock	W.	70	0	5	5	25	0	11	2404	0	1299
Railway Companies' Bassin	S.	25	0	O. D. S.		26	0	0	3144	0	319
Morpeth Branch-Dock	W.	85	0			26	0	4	243	0	637
Morpeth-Schleuse (398' lang)	Riv.	85	0	12	0	26	0	0	3777	0	441
Gesamtinhalt und Kailänge der Birkenheader Docks								159	4535	9	110

Die Birkenheader Vorhäfen (Auſsenbassins).

Bassins	Nutzbare Weite der Einfahrt Fuſs	Zoll engl.	Wasserfläche acres	yards	Kaioberkante über Null Fuſs	Zoll engl.	Nutzbare Kailänge miles	yards
Northbasin	500	0	4	2843	31	0	0	669

Summe für sich.

Die Birkenheader Trockendocks.

Trockendocks	Bezeichnung der Einfahrt	Weite der Einfahrt Fuſs	Zoll engl.	Drempeltiefe unter Null Fuſs	Zoll engl.	Kaioberkante über Null Fuſs	Zoll engl.	Länge der Kammern im Einzelnen Fuſs	Zoll engl.	Länge der Kammern im Ganzen Fuſs	Zoll engl.
West Float Nr. 1		60	0	4	0	25	0	930	0	2430	0
Nr. 2	O.	50	0	7	9	25	0	750	0		
Nr. 3	W.	85	0	7	9	25	0	750	0		
Gesamte Kammerlänge der Birkenheader Trockendocks										2430	0

Liverpooler Privatdocks.

Docks	Bezeichnung der Einfahrt	Nutzbare Weite der Einfahrt Fuſs	Zoll engl.	Drempeltiefe über Null Fuſs	Zoll engl.	Drempeltiefe unter Null Fuſs	Zoll engl.	Kaioberkante über Null Fuſs	Zoll engl.	Wasserfläche acres	yards
1) Corporation of Liverpool											
River Craft Dock	Auſsen	30	0	0	3			25	4	1	3416
Lock & Eagle Bassin	Innen	30	0	1	3			25	10		
Anderton Bassin	"	40	0							0	1198
2) The Bridgewater Navigation Co.											
Duke's Dock	Auſsen	40	0			4	6	25	6	2	1336
" "	Mittel	28	10	0	6			22	9		
" "	Innen	40	0			6	0	25	0		
Egerton Dock		20	0	0	6			23	0	0	2700
3) The London & North Western Railway Co.											
Garston Dock	NW.	55	0							8	1294
	S.	55	0								
	SW.	50	0			6	0			6	1200
Gesamter Inhalt der Privatdocks										19	1464

Havestadt.

Ueber die Gröfse des Wasserdruckes im Boden.

I. Allgemeines.

Die Ansichten über die Gröfse des Wasserdruckes gegen die Fundamentflächen im Boden gehen noch ziemlich weit auseinander, weil es bisher an klärenden Versuchen über diesen Gegenstand fehlte. Hagen in seinem Wasserbau und ebenso Lagrené nehmen an, dafs man bei der Berechnung der Stärke von Betonsohlen für Schleusenböden und dergl. den vollen Wasserdruck in Rechnung stellen müsse, während Franzius empfiehlt, je nach den Umständen den halben bis den vierten Theil des theoretischen Auftriebes als vorhanden anzunehmen.[1])

In der That wird die Gröfse des Auftriebes, gleich gute Ausführung vorausgesetzt, wesentlich von der Beschaffenheit des Bodens abhängen, d. h. es mufs ein Gesetz vorhanden sein, nach welchem die Gröfse des Wasserdruckes im Verhältnifs zu bestimmten Eigenschaften des Bodens ab- und zunimmt. Es soll nun der Zweck der nachstehenden Untersuchung sein, diesem Gesetze nachzuspüren. Wir werden zu dem Ende zunächst einige Erscheinungen der Wirkungen des Wasserdruckes näher betrachten und scheinbar darin hervortretende Widersprüche aufzuklären versuchen, dann aber aus den hieraus gewonnenen Ergebnissen, sowie auf Grund besonderer Versuche, am Schlusse einige Folgerungen über die Gröfse des Wasserdruckes im Boden ziehen.

A. Wenn man den einen Schenkel einer U-förmig gebogenen Röhre mit Sand füllt und auf den Sand Wasser giefst, so dringt das Wasser durch den Sand hindurch und steigt allmählich in dem leeren Schenkel in die Höhe, bis der Wasserspiegel in beiden Schenkeln gleich hoch steht, vorausgesetzt, dafs das Wasser in dem mit Sand gefüllten Schenkel den Sand überdeckt. Liegt der Wasserspiegel in letzterem dagegen unter der Sandoberfläche, so steht das Wasser im freien Schenkel um so viel niedriger, als die Haarröhrchenkraft des Sandes das Wasser zu heben vermag. In dem Falle, dafs der Wasserspiegel über dem Sande steht, kommt also die Capillarität des Bodens nicht zur Wirkung (vergl. die Untersuchungen von Seelheim über die Durchlässigkeit des Sandes,*) mitgetheilt in der Zeitschrift für analytische Chemie 1880 S. 387 bis 418). Der allmähliche Ausgleich der Wasserspiegel beweist, dafs der Wasserdruck durch den Sand hindurch voll zur Geltung kommt. Es wird allerdings der Ausgleich schneller oder langsamer vor sich gehen, je nachdem der Sand gröberes oder feineres Korn hat, d. h. je nachdem die Reibung und Adhäsion mehr oder weniger Kraft verbraucht.

B. Bei Luftdruckgründungen in reinem Sande oder Kies mufs stets der Luftdruck mindestens so hoch gehalten werden als der äufsere Wasserdruck, wenn das Wasser nicht in dem Senkkasten aufsteigen soll. Auch diese Erscheinung spricht dafür, dafs der Wasserdruck, trotz der Reibung im Boden, voll zur Geltung kommt.

C. In scheinbarem Widerspruche mit den unter A und B mitgetheilten Erscheinungen steht eine Beobachtung, welche Beer bei einem Filterbecken in Magdeburg gemacht und in dem Wochenblatt für Architekten und Ingenieure 1880, S. 87, mitgetheilt hat. Nach derselben scheint auch in grobem Kies der Wasserdruck bei weitem nicht voll zur Geltung zu kommen. Das in Rede stehende Becken war im Grundwasser gegründet und hat eine Sohle von 0,75 m Stärke, die zur Zeit der Beobachtung erst in 0,5 m Stärke ausgeführt war. Die eigentliche Belastung der Sohle erfolgt durch die die Überwölbung und Überschüttung tragenden Gurtbogenpfeiler, die zur Zeit der Beobachtung noch nicht ausgeführt waren. Das Becken war bis zum Beginn des Baues im Frühjahr mit Wasser gefüllt, um die Sohle gegen den Druck des Grundwassers zu schützen. Mit dem Auspumpen des Wassers aus dem Becken mufste begonnen werden, als der Grundwasserstand aufserhalb der Umfassungswände, wie beistehende Skizze Fig. 1 zeigt, auf + 2,1 m



Fig. 1.

stand, sodafs die untere Fläche der Sohle einem Wasserdruck von 2,41 m ausgesetzt war. Das Gewicht der Sohle entsprach einer Wassersäule von 1,15 m, es mufste demnach, wenn der Auftrieb voll gerechnet wurde, in dem Becken ein Wasserstand von 1,26 m gehalten werden, um dem Auftriebe das Gleichgewicht zu halten. Das Wasser wurde bis auf die Höhe von 0,05 m über der Sohle ausgepumpt, als letztere in wellenförmige Bewegung gerieth, weshalb das Wasser schleunigst wieder in das Becken eingelassen werden mufste, um ein Durchbrechen der Sohle zu vermeiden. Herr Beer, dessen Mittheilung diese Schilderung wörtlich entlehnt ist, schliefst daraus, dafs von dem Gesamtauftriebe etwa nur die Hälfte in Wirkung war, als die Sohle merkbare Auftreibungen zeigte. Er nimmt dabei an, dafs auf die Biegungsfestigkeit der Sohle bei der grofsen Ausdehnung von 54,24 m und der geringen Stärke von nur 0,5 m nicht zu rechnen war.

Herr Beer spricht dann die Ansicht aus, dafs die Gröfse des Auftriebes von der „Porosität" des Baugrundes abhängig

1) Es möge hier die Stelle aus Franzius Wasserbau S. 877 angeführt werden, weil die daselbst ausgesprochenen Ansichten, wie wir später sehen werden, durch meine Untersuchung im wesentlichen bestätigt werden. Es heifst dort: Wenn man annehmen müfste, dafs der ganze Boden einer breiten Schleuse mit dem Wasserdrucke, der sich aus der Differenz des höchsten äufseren und des niedrigsten inneren Wassers und der Unterfläche des Schleusenbodens ergiebt, gedrückt werde, so müfsten die üblichen Constructionsstärken mehr als verdoppelt werden, um gegen einen solchen Auftrieb Sicherheit zu gewähren. Erfahrungsmäfsig ist also eine solche Annahme viel zu grofs. Welchen Theil dieses gröfsten theoretischen Auftriebes man jedoch in Rechnung zu ziehen hat, hängt von der Beschaffenheit des Untergrundes, der mehr oder weniger vollkommenen Abschliefsung der Wasseradern und endlich auch von der Ausdehnung des Schleusenbodens ab. So wird z. B. in einem festen Thonboden, wenn nicht durch schlechte Ausführung das Wasser zwischen den künstlichen Schleusenboden und den Thon eintreten kann, fast gar kein Auftrieb, dagegen in reinem Sandboden stets ein verhältnifsmäfsig grofser stattfinden, der bei mangelnder Abschliefsung der Wasseradern annähernd gleich jenem gröfsten werden kann. Wenn jedoch selbst bei porösem Sandboden zweckmäfsig angeordnete und gut ausgeführte Spundwände und aufserdem ein Thonschlag unter dem Schleusenboden vorhanden sind, so ist es undenkbar, dafs die ganze Fläche desselben mit Wasser benetzt sei, und dafs dieses Wasser den vollen Druck der gröfsten Differenz ausübe. — In allen Fällen scheint es bei guter Ausführung hoch gerechnet, wenn man den halben gröfsten theoretischen Auftrieb als vorhanden annimmt; in besonders günstigen Fällen wird schon ein Viertel noch über der Wirklichkeit bleiben.

*) Es dürfte hier am Orte sein, auf diese Arbeit besonders aufmerksam zu machen, da sie für jeden Ingenieur sehr lesenswerth ist, vermuthlich aber bisher nur von wenigen gefunden wurde, weil sie in einer Zeitschrift veröffentlicht worden ist, welche Ingenieurkreisen im allgemeinen ferner steht.

sei, indem er unter Porosität das Verhältnifs der Hohlräume zur festen Masse versteht. Er schreibt dem gewöhnlichen Flufssande $^1/_3$, dem groben Kies bis $^1/_2$ des Gesamtinhaltes Hohlräume zu und will daher bei Kies $^1/_2$, bei gewöhnlichem Sande dagegen $^1/_3$ des theoretischen Auftriebes in Rechnung gestellt haben. Durch guten Thon bei gehöriger Stärke, werde, sagt er, gar kein Auftrieb wirken. Diese unbestrittene Eigenschaft der letzteren Erdart schreibt er also dem vollständigen Fehlen von Hohlräumen zu und begeht damit einen Irrthum, auf den seine ganze Annahme in Betreff der Gröfse des Auftriebes gegründet wird. Zu der Überzeugung, dafs diese Annahme über das Verhältnifs zwischen Hohlräumen und wirklicher Masse eine irrige sein mufs, führt schon folgende Überlegung. Wären bei verschiedenen Erdarten alle Körner von gleicher Gröfse und mathematisch genaue Kugeln, so müfste bei denselben offenbar das Verhältnifs zwischen Hohlräumen und Masse genau dasselbe sein (beiläufig 0,2595 : 0,7405), wenn auch die Körner der einen viel gröfser, als diejenigen der anderen wären. In Wirklichkeit kommen nun weder so gleichmäfsig geformte Körner, noch auch Erdarten von durchaus gleichmäfsigem Korn vor, jedenfalls wird aber bei einem Gemische, in welchem aufser kleinen und kleinsten auch sehr grofse Körner vorkommen, in deren Zwischenräumen die kleinen sich einlagern können, das Verhältnifs zwischen Masse und hohlen Räumen gröfser ausfallen, als bei einem Gemische von nur kleinen und kleinsten Körnern. In der That hat auch Hübbe bei seinen Untersuchungen (Zeitschr. f. Bauwesen Jahrgang 1861 und 62) die Hohlräume am kleinsten gefunden bei einem Sande von sehr verschiedener Korngröfse, nämlich 0,279 des ganzen Rauminhaltes. Als Mittel aus seinen Versuchen ergiebt sich 0,345 für die Hohlräume bei Flufssand. Der gröfste von ihm gefundene Werth war 0,396.[2])

Endlich ermittelte Hübbe die Hohlräume für Thon, in welchem Beer gar keine Hohlräume annimmt, bei einer künstlichen Mischung von künstlich getrocknetem, festgestampften Schlick zu 0,399 und bei der natürlichen Ablagerung einer festen Kleischicht zu 0,392. In den meisten Erdarten betragen also die hohlen Räume nahezu gleichmäfsig etwa $^2/_5$ der ganzen Masse, und man kann diese Verhältnifszahl daher nicht als Mafsstab für den Wasserdruck, welcher durch die verschiedenen Bodenarten stattfindet, gebrauchen.

Schwieriger als die Widerlegung der Beerschen Annahme scheint es zu sein, die unter A und B aufgeführten Erscheinungen mit der bei dem Filter in Magdeburg gemachten Beobachtung in Einklang zu bringen. Bei den ersteren zeigen die zusammenhängenden Zwischenräume zwischen den Sandkörnern sich offenbar als „communicirende“ Röhren, welche die Verbindung zwischen den beiden gröfseren Wasserbehältern in der U-förmigen Röhre (Fall A) bezw. zwischen dem äufseren Wasserspiegel und dem mit Prefsluft gefüllten Senkkasten (Fall B) bilden, es mufs also in beiden Seiten ein gleicher Druck herrschen, wenn Gleichgewicht stattfinden soll. Die verdichtete Luft im Falle B wirkt gleichsam wie der Kolben einer Pumpe auf

2) Woltmann (Zeitschr. f. Bauw. Jahrg. 1852) giebt folgende Zahlen für die hohlen Räume an, die er ebenfalls durch Versuche ermittelte:

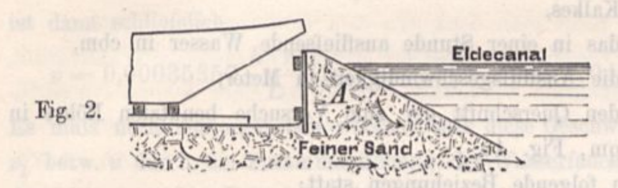
Feldsteine, 2 bis 6 Pfund schwer	0,376	Hohlräume,
Kiesel, $^1/_2$ Pfund schwer	0,417	„
Kiesel, 3 Loth schwer	0,393	„
Flugsand	0,412	„
Grubensand	0,419	„

die einzelnen Wasserfäden. Diese beiden Erscheinungen stimmen vollkommen mit bekannten Wasserkraft-Gesetzen überein. Ebenso müfste aber auch bei dem Filter in Magdeburg der volle Wasserdruck als wirksam angenommen werden, während Beer nach den dort beobachteten Erscheinungen nur die Hälfte desselben in Rechnung stellen will. Die Auslegung der Erscheinungen, wie sie Beer gegeben, dürfte indessen nicht unanfechtbar sein. Zunächst wird man hier, wo es sich wieder um einen vom Grundwasser[3]) ausgeübten Druck handelt, nach den Seelheimschen Versuchen die Druckhöhe um denjenigen Theil vermindern müssen, um welchen die Capillarität des Bodens das Wasser zu heben vermag. Da der Boden aber als grober Kies bezeichnet ist, so mag diese Höhe nicht sehr bedeutend gewesen sein. Dann ist zu bemerken, dafs die Zugfestigkeit des Sohlenmauerwerkes eine bedeutende gewesen sein mufs, da sonst ein blasenförmiges Auftreiben, ohne dafs Risse entstanden, nicht hätte stattfinden können. Es wird also das Mauerwerk, aufser durch sein Gewicht, zwar nicht durch seine Biegungsfestigkeit, aber durch seine Zugfestigkeit, ähnlich der Wand eines mit Wasser gefüllten dünnwandigen Gefäfses, einen Druck gegen das auftreibende Wasser geübt haben, dessen Gröfse sich allerdings der Berechnung entzieht. Endlich geht aus der Mittheilung des Vorfalles hervor, dafs bei der Sohle des Filters die Zerstörung begonnen hatte und sicherlich eingetreten wäre, wenn nicht sofort Wasser eingelassen wäre. Zur Zeit der Beobachtung war also das Gleichgewicht der Kräfte noch keineswegs hergestellt, sondern es war noch ein Überschufs des Wasserauftriebes gegen die ihm entgegenwirkenden Kräfte vorhanden, der aber naturgemäfs nur in dem Mafse durch zerstörende Wirkung zur Erscheinung kommen konnte, als das Wasser durch den Kies aus dem umgebenden Erdreiche unter die Sohle drang. Da hierzu aber bei dem grofsen Umfange des Beckens infolge der Reibungswiderstände im Boden eine gewisse Zeit erforderlich ist, die mit der Länge der durchlaufenen Erdschicht wächst (siehe unten Punkt F, Versuche von Seelheim), da ferner, je mehr der Boden des Filters gehoben wurde, desto mehr der Wasserspiegel in nächster Nähe des Filters sinken, also die Druckhöhe abnehmen mufste, so darf angenommen werden, dafs dieser Fall nicht genügend sichere Schlüsse auf die Gröfse des Auftriebes, welcher in Wirkung war, zuläfst, um dadurch die in den Fällen A und B mitgetheilten ganz unzweifelhaften Erscheinungen zu entkräften. Das blasenförmige Auftreiben scheint gleichfalls anzudeuten, dafs der Wasserdruck ungleichmäfsig stark auftrat. Unter den Blasen sind also vermuthlich von Anfang an stärkere Wasseradern gewesen, und als an diesen Stellen ein Abheben vom Untergrunde eingetreten war, mufs hier der volle Wasserdruck abzüglich der Saughöhe der Haarröhrchenkraft geherrscht haben.

D. In der Nähe von Dömitz in Mecklenburg befinden sich kurz oberhalb der vorletzten Schleuse des canalisirten Eldeflüfs-

3) Nach der Zeichnung, welche Beer zu seiner Arbeit lieferte und der unsere Figur 1 entspricht, würde allerdings der Druck nicht von dem Grundwasser im engeren Sinne, sondern von dem freien Wasser, welches, dem Grundwasser entstammend, sich in der Ausschachtung längs den Mauern des Beckens angesammelt hatte, herrühren. Da aber stets nur vom Grundwasser gesprochen wird und es auch unwahrscheinlich ist, dafs man während des Winters die ganze Mauer, ohne sie hinterfüllt zu haben, stehen gelassen hätte, so ist wohl anzunehmen, dafs die Darstellung in der gewählten Weise erfolgte, um die Höhe des Grundwasserstandes klar zur Anschauung zu bringen, während in Wirklichkeit die Mauer bereits hinterfüllt war.

chens Grubendocks der allereinfachsten Art. Man hat unmittelbar neben dem Canale in dem aus feinem Sande bestehenden Boden (siehe Fig. 2) Gruben ausgehoben, von der Gröfse, welche

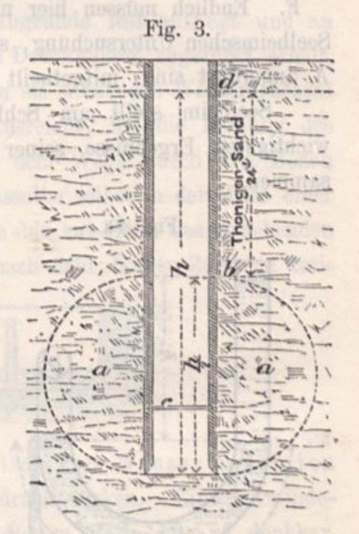
Fig. 2.


die zu erbauenden Fahrzeuge bedingen, und räumt, wenn ein solches fertig gestellt ist, den Damm A fort, läfst die Grube voll Wasser und schafft das Fahrzeug in den Canal. Wird darauf der Damm A wieder hergestellt, so ist in kurzer Zeit das Wasser aus dem Grubendock vollständig versickert. Diese Erscheinung, welche bei der unmittelbaren Nähe des Canales und bei dem durchlässigen Boden, aus welchem der Damm A ohne sorgfältige Dichtung hergestellt wird, ungemein überrascht, erklärt sich in folgender Weise. Gegenüber den Gruben auf der anderen Seite des Schiffahrts-Canales zweigt sich das Freiwasser des Canales ab und erreicht in der Entfernung von etwa 200 bis 300 m das Wehr. Der Grundwasserstrom folgt daher dieser Richtung, die, der äufseren Erscheinung nach zu urtheilen, diejenige des früheren Flufsbettes ist, und es gelangt daher das Wasser, welches aus dem Eldecanale in den Damm A eindringt, nicht in die Grube, sondern wird in der Richtung der Pfeile unter dem Canalbette hindurch abgeführt. Da der Sandboden ein verhältnifsmäfsig feiner ist und, wie ein Bau in der Nähe zeigte, unter Wasser einen sehr beweglichen Triebsand bildet, so beweist diese Erscheinung, wie aufserordentlich durchlässig derartiger Boden ist. Man wird annehmen müssen, dafs sich das Grundwasser in demselben, selbst auf mehrere hundert Meter Entfernung hin, nach längerer Zeit fast waagerecht einstellt, dafs also ein in demselben angelegtes Fundament an allen wirklich vom Wasser benetzten Stellen dem vollen Wasserdrucke ausgesetzt sein wird.

E. Bei lehmigem und thonigem Boden kann man bei Luftdruckgründungen mit geringerem Luftdrucke auskommen; schliefslich kann man ganz ohne Luftdruck arbeiten, weil der Wasserdruck unter Umständen vollständig von der Reibung in den engen Poren des Bodens verbraucht wird, sodafs kein Wasser unten mehr austritt. Durch reinen Thon von einiger Mächtigkeit endlich ist das Wasser nur durch sehr hohen Druck hindurch zu pressen.

Ein Beispiel für das Verhalten gemischten Bodens liefert die Mittheilung von Althaus in der Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen, Band XI, S. 148. Auf der Steinkohlengrube Maria im Wormrevier wurde bei zwei verschiedenen, in den Jahren 1856 und 1859 mit Hülfe von Prefsluft ausgeführten Schachtausbesserungen die Erscheinung beobachtet, dafs der von der verdichteten Luft zu überwindende Wasserdruck im Gebirge nur einem Theile der Höhe, bis zu welcher die dort thonig-sandigen Schichten mit Wasser durchtränkt waren, entsprach. Während man bei 48' unter dem Sande des Grundwassers einen Druck von $1\frac{1}{2}$ Atm. erwartet hatte, fingen die Wasser bereits bei einem Luftüberdrucke von nur $\frac{3}{4}$ Atm. an, sich aus den Schachtstöfsen wegzuziehen, worauf das dahinter stehende, zuvor in hohem Grade schwimmende Gebirge so fest wurde, dafs es mit der Lettenhaue hereingenommen werden mufste und einen sicheren Stofs bildete. Umgekehrt zeigten sich die Wasser nach aufgehobenem Luftdrucke erst nach 24 Stunden wieder mit dem früheren Drucke. Ebenso hat man auf der Zeche Rheinpreufsen bei Homberg im Jahre 1865 bei $2\frac{1}{2}$ Atm. Überdruck einen Schacht abgeteuft in einer Tiefe unter dem Grundwasserspiegel, welcher ein Druck von 8 Atm. entsprochen haben würde. Auch hier war der Schwimmsand mit Thon untermischt, denn er wird von Wagner in der Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen, Band XVII, als „knetbar" bezeichnet. Das später erfolgte Platzen der Luftschleuse, welches wahrscheinlich eine Folge des Durchbruches des Grundwassers von oben längs der Schachtwand war, beweist die Gefährlichkeit dieses Verfahrens.

Althaus giebt für diese Erscheinungen die Erklärung, dafs bei der thonigen Beschaffenheit des Sandes der Zeche Maria theils durch die Adhäsion der Wassertheilchen in den feinen Zwischenräumen der Schichten (also durch die Haarröhrchenkraft) der Einflufs der Schwerkraft wesentlich vermindert und die Fortpflanzung des Druckes wie bei plastischem Thone verlangsamt sei, — theils die einmal in die Schichten eingedrungene Luft das Gewicht der flüssigen, aus Thon und Wasser gemischten Umhüllung des Sandes absolut vermindert habe, indem schwereres Wasser durch leichtere Luft verdrängt wurde. Von diesen beiden Ursachen erscheint nach den vorhin und weiter unten unter F mitgetheilten Untersuchungen von Seelheim die erstere (die Haarröhrchenkraft) die allein mafsgebende und zur Erklärung der Erscheinung vollkommen ausreichende zu sein. Der Wasserspiegel lag hier unter der Erdoberfläche, mithin kam die Haarröhrchenkraft des sehr feinen Bodens voll zur Wirkung. Man hat sich also den Vorgang etwa in der durch Fig. 3 dargestellten Weise zu erklären. Die verdichtete Luft verdrängt das wirklich einen Druck ausübende Wasser in der Nähe des unteren Schachttheiles, etwa in dem durch die punktirten Linien angedeuteten Umfange, und entweicht dann entweder oberhalb des luftdichten Abschlusses c in den Schacht selbst, oder aufserhalb längs den Schachtwänden durch etwas gröfsere Canälchen $b\,d$ nach oben. Das Wasser oberhalb der punktirten Linie wird durch die Haarröhrchenkraft des Bodens gehalten (vergl. Anm. 6). Besonders anziehend ist der Umstand, dafs der bei der Zeche Maria wirklich ausgeübte Luftdruck, wie angegeben, genau die Hälfte des rechnungsmäfsigen betragen hat. Diese Erscheinung führt zu der Vermuthung, dafs die Luft bei b nicht in den Schacht selbst eingetreten und durch diesen entwichen sei, sondern dafs dieselbe durch Canälchen bd aufserhalb aufstieg. Um diese Canälchen bis zum Grundwasserspiegel wasserfrei zu halten, genügte wieder der vorhandene Luftdruck von $\frac{3}{4}$ Atm. Die Prefsluft verrichtete hier also, durch die Haarröhrchenkraft unterstützt, gleichsam doppelte Arbeit.

Fig. 3.


Bei der Zeche Rheinpreufsen dagegen trat die Luft wahrscheinlich oberhalb der Decke der Arbeitskammer in den Schacht ein und entwich durch denselben, weil dichtere Thonschichten,

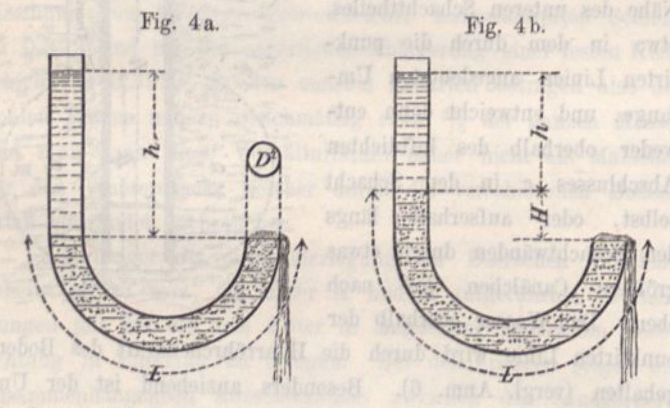
wie solche die Pläne der Zeche zeigen, den Weg aufsen verlegten, und damit gleichzeitig den Wasserdruck von oben abhielten. Wäre die Luft aufserhalb des Schachtes in Canälen entwichen, so müfste in diesen der dem Grundwasserspiegel entsprechende Wasserdruck vermindert um die Saughöhe der Haarröhrchenkraft des Bodens (nach der in Fig. 3 gegebenen Erklärung) geherrscht haben. Um diesen zu überwinden, würde man schwerlich mit $2^1/_2$ Atm. Luftspannung ausgekommen sein, da nicht anzunehmen ist, dafs die Saughöhe der Haarröhrchenkraft 55 m betragen habe. Man würde aber andererseits keiner Gefahr ausgesetzt gewesen sein, insofern als ein Luftdruck, welcher der Wassersäule bis zum Grundwasserspiegel, vermindert um die Saughöhe der Haarröhrchenkraft des Bodens, das Gleichgewicht hält, stets genügt. Dies gilt indessen nur bei eigentlichem Grundwasser, wo keine freie gröfsere Wassermenge aufserhalb des Schachtes steht.

Der anderen von Althaus angeführten Ursache, dafs nämlich „die einmal in die Schichten eingedrungene Luft das Gewicht der flüssigen Umhüllung des Sandes absolut vermindert, indem schwereres Wasser durch leichtere Luft ersetzt wird", möchte kein so wesentlicher Einflufs einzuräumen sein. Weit erheblicher erscheint dagegen die Wirkung der Luft in der Richtung, dafs dieselbe durch Austrocknung des Bodens eine Vermehrung der Reibung hervorbringt. Hierfür sprechen auch die Beobachtungen von Hübbe über die Eigenschaften und das Verhalten von Schlick und Sand, aus denen hervorgeht, dafs beide Erdarten im nur feuchten Zustande die gröfste Cohäsion besitzen.

F. Endlich müssen hier noch die wichtigsten Ergebnisse der Seelheimschen Untersuchung, soweit dieselben nicht bereits unter A angeführt sind, mitgetheilt werden.

Seelheim stellt am Schlusse seiner Abhandlung als die wichtigsten Ergebnisse seiner Untersuchung das Folgende zusammen.

Fig. 4a. Fig. 4b.



Bedeutet:

- h die Höhe des Wasserstandes über dem Sande in Meter (Fig. 4a, 4b und 5a),
- H die Höhe der drückenden Wassersäule in Meter (Fig. 4b 5a und b),
- L die Länge des vom Wasser im Sande durchlaufenen Weges in Meter (Fig. 4 und 5),
- r den Halbmesser eines Sandkornes in mm,
- r' den Halbmesser eines als Kugel gedachten Zwischenraumes zwischen den Sandkörnern,
- t den Wärmegrad des Wassers nach Celsius,

ferner in dem Ausdrucke $\frac{V}{V+V'} \cdot V$:

- V die Menge des in einer Thon- oder Kalkart enthaltenen Wassers,
- V' die Menge der darin enthaltenen Thonerde bezw. des Kalkes,
- Q das in einer Stunde ausfliefsende Wasser in cbm,
- v die Ausflufsgeschwindigkeit in Meter,
- D^2 den Querschnitt der zum Versuche benutzten Röhre in qm, Fig. 4a,

so finden folgende Beziehungen statt:

1) Die Durchlässigkeit des Sandes für Wasser wird ausgedrückt durch (Fig. 4a):

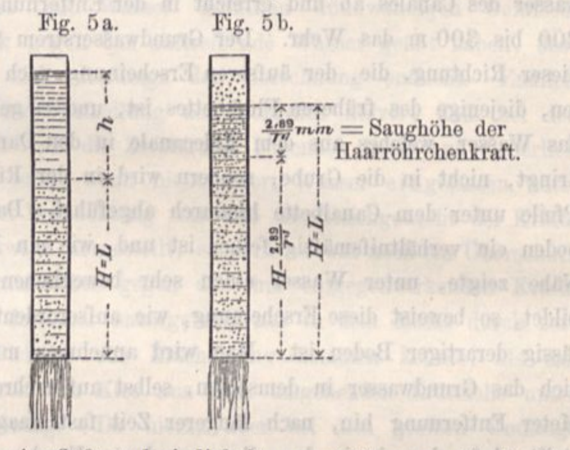
$$Q = 0{,}4257 \frac{h \cdot D^2 \cdot r^2}{L} (1 + 0{,}00136\,t + 0{,}000704\,t^2) \text{ cbm}$$

in 1 Stunde, worin die Constante für $h = D = L = 1$ m, $r = {}^1/_{10}$ mm und $t = 12^0$ C. gilt,

2) h wird $= h + L$ für senkrechte Sandschichten, Fig. 5a,

3) h wird $= H - \frac{2{,}85}{r'}$ mm, wenn die Wassersäule H ganz innerhalb der Sandschicht liegt, Fig. 5b,

Fig. 5a. Fig. 5b.



4) die Ausflufsgeschwindigkeit v erhält man durch Formel 1, wenn D^2 (der Röhrenquerschnitt) die Flächeneinheit des Querschnittes bedeutet.

Diese Angabe von Seelheim bedarf insofern einer Berichtigung bezw. Erklärung, als nicht der Röhrenquerschnitt D^2, sondern nur der Theil desselben, welcher nicht durch die Sandkörner ausgefüllt wird, also die Summe der in D^2 befindlichen Porenquerschnitte gleich 1 gesetzt werden mufs, wenn man die Geschwindigkeit erhalten will, mit welcher das Wasser die Poren durchflossen hat und aus denselben austritt. Es mufs also zunächst D^2 durch die Summe der Porenquerschnitte $\mathfrak{D}^2$ ausgedrückt werden. Es verhält sich offenbar $D^2 : \mathfrak{D}^2 = r^2 + r_1{}^2 : r^2$, also ist $D^2 = \mathfrak{D}^2 \frac{(r^2 + r_1{}^2)}{r^2}$. Da nun nach den Ermittlungen von Seelheim $r_1 = \frac{r}{1{,}729}$ oder rund $= \frac{r}{1{,}73}$ war (vergl. Punkt 5), so ist $r_1{}^2 = \frac{r^2}{2{,}99}$. Führen wir diesen Werth für $r_1{}^2$ in den Werth von D^2 ein, so wird $D^2 = 3{,}99\,\mathfrak{D}^2$. Die Formel 1) von Seelheim nimmt also, wenn wir D^2 durch $\mathfrak{D}^2$ ersetzen, die Form an:

$$Q = 0{,}4257 \cdot \frac{h \cdot 3{,}99 \cdot \mathfrak{D}^2 r^2}{L} (1 + 0{,}00136\,t + 0{,}000704\,t^2) \text{ cbm}$$

in 1 Stunde. Theilt man jetzt beide Seiten durch $\mathfrak{D}^2$, so erhält man die Geschwindigkeit v_1, mit welcher das Wasser in den Poren geflossen ist, vorausgesetzt, dafs der Durchmesser der Röhre überall $= D$ war, zu

$$v_1 = 0{,}4257 \cdot 3{,}99 \frac{h \cdot r^2}{L} (1 + 0{,}00136\,t + 0{,}000704\,t^2) \text{ Meter}$$

in 1 Stunde. Die Geschwindigkeit in Metern für 1 Secunde ist dann schliefslich

$$v = 0{,}00035357 \frac{h \cdot r^2}{L} (1 + 0{,}00136\,t + 0{,}000704\,t^2).$$

Es mufs noch hervorgehoben werden, dafs diese Geschwindigkeit v_1 bezw. v durch die Zusammenziehung der Wasserfädchen beim Austritte aus den Poren beeinträchtigt ist, dafs dieselbe also nicht unmittelbar benutzt werden kann als Geschwindigkeit des Grundwassers im unbegrenzten Erdreiche. Letztere wird vielmehr unter sonst gleichen Verhältnissen gröfser sein müssen.

5) r mufs durch $r_1 = \frac{r}{1{,}73}$ ersetzt werden, wenn man, wie in 3), anstatt der Sandkörner die Zwischenräume zwischen denselben für die Berechnung benutzen will.

6) Für Sande, bei denen r verschiedene Werthe hat, ist der mittlere Werth zu nehmen, wenn der Unterschied in der Gröfse der Körner nicht so bedeutend ist, dafs die kleineren sich in die Zwischenräume der gröfseren einlagern können, d. h. wenn das Verhältnifs der Mengen des Sandes zu denen der Zwischenräume dasselbe wie bei einem Sande von gleicher Korngröfse ist.

7) Für Sande, bei denen dies Verhältnifs nicht stattfindet, bei denen also die Zwischenräume besetzt sind, ist für r der Halbmesser des feinsten Sandes, bezw. des feinsten sich als gleichkörnig verhaltenden Gemenges zu nehmen.

8) Liegen mehrere Sandschichten von verschiedener Korngröfse über einander, so ist für die Durchflufsmenge Q und die Geschwindigkeit v allein die feinkörnigste mafsgebend. Ganz gleichgültig ist dabei die Reihenfolge der Schichten.

9) Die Durchlässigkeit des Thones wird ausgedrückt durch die Formel:

$$Q = 0{,}000016 \cdot \frac{h \cdot D^2}{L} \left(\frac{V}{V + V'} \right) V (1 - 0{,}00224\,t + 0{,}002038\,t^2) \text{cbm}$$

in einer Stunde, worin die Unveränderliche 0,000016 gilt für

$$h = D = L = 1 \text{ m}, \quad \frac{V}{V + V'} \cdot V = 1 \text{ und } t = 12\,^\circ\text{C}.$$

10) Betreffs des Thones ist noch hervorzuheben, dafs ein plastisches Gemenge, worin Thon zu Wasser im Gewichtsverhältnisse 4 : 1 oder 3 : 1 steht, in Schichten von nur 1,5 mm Dicke bei einem Drucke von 1,5 m Wassersäule sich in 24 Stunden für das Wasser vollständig undurchdringbar zeigte.

11) Während Sand und Wasser sich immer nur in ein und demselben Mengenverhältnifs mischen läfst, ist dies bei Thon nicht der Fall, d. h. man kann dem reinen Thonpulver verschiedene Mengen Wasser zusetzen, ohne dafs dasselbe abgegeben wird. (Vergl. auch die Versuche von Hübbe.) Es steht dann bei Thon die Gröfse der durch die Haarröhrchenkraft bedingten Durchflufsöffnungen zu der Menge des zugemischten Wassers, die Anzahl derselben aber zu der Menge des im Gemische enthaltenen Thones im Verhältnifs.

Das unter 8) angegebene Gesetz der Durchlässigkeit des Thones ist auf Grund von Mischungen ermittelt, welche folgendes Verhältnifs hatten:

Menge des Thons	Menge des Wassers
2,272	4,375
2,272	3,750
2,272	3,286.

Bei Mischungen mit gröfserem Wassergehalte als die eben angegebenen wird Q gröfser, als es aus Formel 8 hervorgeht, bei geringerem Wassergehalte aber kleiner.

12) Die Durchlässigkeit des Kalkes entspricht dem Ausdruck:

$$Q = 0{,}000033 \frac{h \cdot D^2}{L} \left(\frac{V}{V + V'} \right) V (1 + 0{,}093\,t + 0{,}00005\,t^2) \text{cbm}$$

in 1 Stunde. Dieselbe ist also gerade noch einmal so grofs (abgesehen von dem Factor mit t), als diejenige des Thones.

13) Für Gemenge von Thon und Kalk sind die durchgelassenen Wassermengen im Verhältnifs zu dem Mischungsverhältnisse zu nehmen.

14) Für Gemenge von Sand mit Thon oder Kalk hat man für D^2 zu setzen $D^2 - D_1^2$, d. h. der Gesamtquerschnitt D^2 der Durchflufsöffnung mufs vermindert werden um den Querschnitt (D_1^2) des im Gemenge (also auch im Querschnitte) enthaltenen Sandes. (Daraus folgt, dafs Mischungen von Thon und Sand, so lange die Thonmenge ausreicht, um alle Zwischenräume im Sande auszufüllen, dichter sind als reiner Thon.)[4]

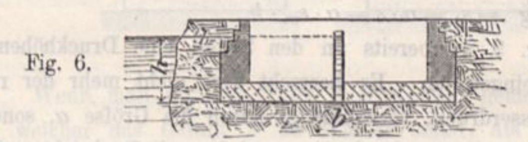
15) Die Gesetze der Durchlässigkeit von Sand, Thon und Kalk können in Worten wie folgt ausgedrückt werden:

Unter gleichen Bedingungen steht die Durchlässigkeit im Verhältnifs a) mit der Summe der Querschnitte der Zwischenräume (D^2) und b) mit dem Querschnitte der einzelnen Zwischenräume (r^2).

II. Vorläufige Folgerungen aus dem Bisherigen.

Die eben mitgetheilten Beobachtungen und Versuche gestatten zunächst, unter der Voraussetzung, dafs die betrachtete Fundamentfläche allseitig auf dem Baugrunde fest aufliegt und an keiner Stelle durch gröfsere Canäle Druckwasser zugeführt erhält, folgende Schlüsse betreffs des gegen sie wirkenden Wasserdruckes:

1) So lange die Druckhöhe ausreicht, um die Reibung des Wassers und die Anziehung auf dem Wege durch den Boden vollständig zu überwinden und dasselbe selbst in der Mitte einer grofsen Grundfläche in einer Röhre bis zur Höhe des drückenden Wasserspiegels, wenn auch erst nach sehr langer Zeit, zu treiben (Fig. 6), mufs auf alle wirklich vom Wasser benetzten Flächentheilchen der volle Wasserdruck wirken. Eine Verminderung des Wasserdruckes ist in diesem Falle nur so denkbar, dafs einzelne kleinste Flächentheilchen in Folge der innigen Berührung mit den einzelnen Körnern des Sandes vom Wasser nicht benetzt werden.


Fig. 6.

Die Druckvertheilung ist daher in diesem Falle für die ganze Fundamentbreite eine gleichmäfsige und die Druckfigur stellt sich graphisch als ein Rechteck dar (Fig. 7), dessen Breite gleich der Breite des Fundamentes ist, und dessen Höhe h_1 sich zur rechnerischen Druckhöhe h verhält, wie der Theil α der Fundamentfläche, welcher wirklich vom Wasser benetzt ist, zur ganzen Fundamentsohle.

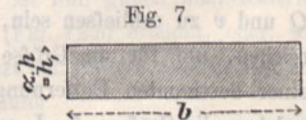


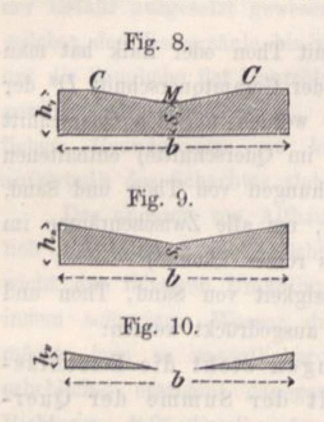
Fig. 7.

Bezeichnen wir letztere mit 1, so ist also $\frac{h_1}{h} = \frac{\alpha}{1}$ oder $h_1 = \alpha \cdot h$.

4) Die Versuche von Seelheim sind mit chemisch gereinigten Erdarten, wie sie in der Natur nicht vorkommen, angestellt.

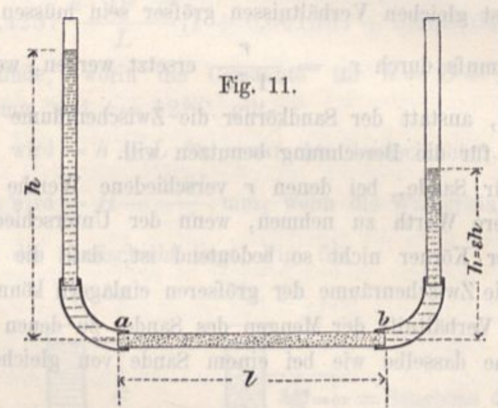
Der Werth von α ist bisher noch unbekannt und bildet den Gegenstand der unten mitgetheilten Versuche.

2) Ist der Boden sehr feinkörnig, z. B. lehmiger Sand, Lehm oder Thon, so wird nach den Seelheimschen Versuchen zunächst in der Mitte der Fundamentsohle, also bei $\frac{b}{2}$, aufser der **Druckflächenverkleinerung** noch eine **Druckhöhenverminderung** eintreten, weil das Druckwasser, von den Seiten her zuströmend, bis zu diesem Punkte den weitesten Weg zurückzulegen hat, also am meisten durch die Reibung und Adhäsion an Druck verliert. Die Druckhöhenverminderung wird nach den Seiten hin geringer werden in dem Verhältnisse, wie der Weg des Wassers kürzer wird. Daraus folgt, dafs in derartigem Boden die graphischen Darstellungen des Wasserdruckes, je nach der Feinheit des Bodens, eine der in den Figuren 8 bis 10 gezeigten Gestalten annehmen müssen, wenn wir, entsprechend den Seelheimschen Formeln voraussetzen, dafs die Druckhöhenverminderung zu der ersten Potenz des im Boden zurückgelegten Weges im umgekehrten Verhältnifs steht. Steht dieselbe mit einer anderen Potenz des Weges im Verhältnifs, so würde die schräge obere Begrenzungslinie anstatt einer Geraden eine entsprechend gekrümmte Linie werden. In Fig. 8 reicht die Druckhöhenverminderung noch nicht bis zu den Seiten der Sohle; es herrscht hier nur die Druckflächenverkleinerung, und die Höhe der Druckfigur ist hier $h_1 = \alpha \cdot h$. Die Druckhöhenverminderung tritt erst bei C ein und ist bei M am gröfsten. Die Druckhöhe selbst wird zwischen C und M allgemein $= \varepsilon h$ sein, worin ε ein mit der Entfernung von der Seite abnehmender Coefficient ist. In der Mitte sei dieselbe $s = \varepsilon_m \cdot h$. Dann wird die in Rechnung zu ziehende Höhe der Druckfigur mit Rücksicht auf die Druckflächenverkleinerung $= s_1 = \alpha \cdot s = \alpha \cdot \varepsilon_m \cdot h$.



In Fig. 9 ist bereits an den Seiten eine Druckhöhenverminderung eingetreten. Es herrscht dort nicht mehr der rechnerische Wasserdruck, vervielfältigt durch die Gröfse α, sondern ein geringerer, $h' = \varepsilon \cdot h$, den man wieder mit Rücksicht auf die Druckflächenverminderung mit dem Coefficienten α vervielfältigen mufs, um die Höhe der Druckfigur $h_{11} = \alpha \cdot h' = \alpha \cdot \varepsilon \cdot h$ zu erhalten. In Fig. 10 endlich herrscht in der Mitte der Grundsohle gar kein Wasserdruck mehr, die Druckfigur zerfällt in zwei nach der Mitte spitz auslaufende Dreiecke von der Höhe $h_{11} = \alpha h' = \alpha \varepsilon h$. Dafs die Druckvertheilung in der That eine derartige sein mufs, dürfte aus den Seelheimschen Formeln für Q und v zu schliefsen sein, wiewohl dieselben leider nicht ausreichen, um für die Gröfse der Druckhöhen h' und $s = \varepsilon h$ in einer bestimmten Entfernung vom Rande eines Fundamentes, für welchen die Gröfsen h, L und r bekannt sind, Ziffernwerthe zu ermitteln. Um dies zu können, müfsten noch verschiedene Coefficienten, wie Ausflufs- und Zusammenziehungscoefficient für Haarröhrchen ermittelt werden. Aufserdem wird der Reibungscoefficient der Ruhe, welchen wir für unseren Fall brauchen, möglicherweise ein anderer sein, als der von Seelheim für die Bewegung beobachtete. Man wird indessen ohne grofse Kosten, wenn auch mit etwas Zeitaufwand, sich in folgender Weise über die Verminderung des Wasserdruckes Auskunft verschaffen können. Für eine bestimmte, als Baugrund vorliegende Erdart wird man den Halbmesser der Körner als unveränderlichen Werth ansehen dürfen. Sieht man dann von dem Einflusse der Wärme ab, so wird der Coefficient ε, also der wirklich herrschende Wasserdruck, im umgekehrten Verhältnisse zu irgend einer Potenz (vermuthlich der ersten) der Wegeslänge stehen, welche das Wasser im Boden zurückzulegen hat. Allgemein wird also $h' = \varepsilon h = h \cdot f(l)$ sein, worin f als Functionszeichen aufzufassen ist.

Zur Ermittlung dieser Function kann man wieder eine **U** förmige Röhre (Fig. 11) benutzen, deren waagerechter Schenkel durch Einschalten verschieden langer Rohre zwischen a und b verschieden lang gemacht werden kann. Den waagerechten Theil ab, und, falls dies den vorliegenden Verhältnissen mehr entspricht, auch einen Theil des Druckrohres, füllt man fest mit dem zu untersuchenden Boden an, und giefst darauf in den linksseitigen Schenkel Wasser, welches man so lange auf gleicher Höhe h erhält, bis man bemerkt, dafs das durch den Boden durchgedrungene und in dem rechten Schenkel aufgestiegene Wasser die Höhe $h' = 2h$ nicht mehr ändert. Der gefundene Werth h' ist dann der Functionswerth $f(l)$ für die in dem Rohre befindliche Bodenlänge l_1.



Verlängert man nun den waagerechten Schenkel, füllt die Verlängerung ebenfalls voll Boden und bestimmt für die neue Länge l_2 das zugehörige h'_2 u. s. w., so kann man sich in dieser Weise eine Anzahl Punkte für die der Function $h' = hf(l)$ oder $\varepsilon = f(l)$ entsprechende Bogenlinie verschaffen und diese selbst auftragen, bezw. berechnen. Mit Hülfe der graphischen Darstellung kann man alsdann leicht für jede Entfernung vom Rande des Grundes den als wirksam anzunehmenden Wasserdruck ermitteln. Da die Lagerung des in die Versuchsröhre eingestampften Bodens niemals eine so dichte werden wird, als die natürliche, so wird man annehmen müssen, dafs die **berechnete** Druckhöhe noch **gröfser** sei, als die **wirkliche**.

Leider bin ich noch nicht in der Lage gewesen, Versuche zur Ermittlung des Gesetzes, nach welchem der Coefficient ε wächst, anzustellen, es ist aber jedenfalls im höchsten Grade wahrscheinlich, dafs sowohl ε wie α zu der **Korngröfse** δ in gleichem Verhältnisse stehen, und dafs sie sich nur dadurch unterscheiden, dafs ε noch von der Länge l abhängig ist, während α für dieselbe Erdart unveränderlich bleibt. Ohne Berücksichtigung der Längen wird daher die Linie, welche das Wachsthum von ε im Verhältnisse zu δ darstellt, wahrscheinlich eine ganz ähnliche Gestalt haben, wie diejenige für α (vergl. Fig. 15).

Wenn hier angenommen ist, dafs für lehmige und thonige Erdarten in der That eine Verkleinerung des Wasserdruckes durch die Reibung im Boden herbeigeführt wird, so steht dies

in scheinbarem Widerspruch mit der unter I A für Sand mitgetheilten Beobachtung. Es ist indessen anzunehmen, dafs das Gesetz der Druckabnahme für alle Erdarten das gleiche sei, und dafs der vorhandene Wasserdruck für alle im geraden Verhältnisse zu einer Potenz der Korngröfse und im umgekehrten zur Entfernung steht. Für den gröberen Sand wird aber der Einflufs der Korngröfse nahezu Null und der Einflufs der Entfernung erst für sehr grofse Werthe der letzteren bemerkbar, sodafs beide für gewöhnliche Fälle als nicht vorhanden angesehen werden können.

3) Wie bereits mehrfach hervorgehoben, wird der Wasserdruck auch in dem grobkörnigsten Sande nur da wirken können, wo das Wasser die Grundfläche wirklich benetzt, während dort, wo die Bodentheilchen die Fläche berühren, kein Wasserdruck stattfinden kann. Gegen diese Behauptung liefse sich einwenden, dafs die Körnchen selber, da ihnen durch die Berührung mit der Grundfläche ein Theil des von oben nach unten wirkenden Wasserdruckes entzogen ist, nicht nur, wie im Wasser eingetauchte Körper, einen Gewichtsverlust erleiden, welcher gleich dem Gewicht der von ihnen verdrängten Wassermasse ist, sondern dafs sie aufserdem mit einer Kraft gegen die Betonsohle gedrückt werden, die gleich dem Drucke einer Wassersäule von dem Querschnitte dieser Berührungsfläche mal deren Abstand vom Wasserspiegel ist. Bedenkt man aber, dafs jedes Körnchen unten und an den Seiten von anderen berührt wird, und dafs dies Verhältnifs sich durch die ganze durchlässige Schicht bis zu der darunter liegenden undurchlässigen fortsetzt, so kommt man zu der Ueberzeugung, dafs die der unmittelbaren Berührung des Wassers entzogenen Flächen auf den oberen und unteren Seiten der Körnchen einander gleich sein werden, und dafs infolge dessen ein durch den Wasserdruck erzeugter Druck der Sandkörner gegen die Fundamentsohle nicht stattfinden kann. Es drückt also das Wasser in der That nur an denjenigen Stellen gegen die Sohle, welche nicht von den Bodentheilchen berührt sind. Je mehr Bodentheilchen nun auf einer Flächeneinheit der Fundamentsohle mit dieser in Berührung treten, desto weniger Fläche wird dem Wasserdruck ausgesetzt sein, desto kleiner wird also der Auftrieb für die Einheit der Bodenfläche (d. i. unser α) werden. Da nun die Anzahl der auf einer Flächeneinheit zur Berührung kommenden Körnchen im umgekehrten Verhältnifs zum Quadrat des Halb- oder Durchmessers derselben sich ändert, so müfste bei ganz regelmäfsigen Körnern der Wasserdruck, oder, was dasselbe sagen will, der Coefficient α im geraden Verhältnisse zu diesen Quadraten stehen. Da jedoch die Körner keine regelmäfsigen Körper bilden, so spricht sich dies Gesetz, wie die nachfolgende Untersuchung zeigt, nicht so bestimmt aus. Die Ergebnisse thun aber immerhin dar, dafs α im geraden Verhältnifs zu einer höheren Potenz der Korngröfsen steht.

Da nach dem Früheren der Wasserdruck, und nach den folgenden Untersuchungen auch die wirklich benetzte Fläche im geraden Verhältnisse zu einer höheren Potenz der Korngröfse steht, so erklärt sich daraus die sehr schnell mit der Feinheit der Erdarten abnehmende Beanspruchung der Fundamentsohlen durch den Auftrieb, dessen Gesamtwirkung für die Flächeneinheit gleich dem Producte aus dem Wasserdruck und der wirklich benetzten Fläche ist ($h_1 = \alpha \cdot \varepsilon h$).

III. Die Versuche.

Um zu der Ueberzeugung zu gelangen, dafs überhaupt eine mefsbare Flächenverminderung vorhanden ist, welche es lohnenswerth erscheinen liefs, sorgfältigere Untersuchungen anzustellen, wurde zunächst folgender Versuch von mir angestellt. Ein hohles cylindrisches Gefäfs A aus Blech (siehe Fig. 12a) wurde mit Wasser gefüllt und in einem anderen gröfseren Gefäfse, welches über einer Sandschicht B eine Wasserschicht von der Tiefe T enthielt, fest auf die erstere aufgesetzt, sodafs angenommen werden konnte, der ganze Boden des kleinen Gefäfses A sei mit der Oberfläche des Sandes B in Berührung. Hierauf wurde vorsichtig mittels einer Saugevorrichtung das Wasser aus dem Inneren des Gefäfses A entfernt, bis dasselbe aufschwamm. Der Versuch geschah bei sehr feinem weifsen Sande, wie derselbe auf den Strafsen für den Hausbedarf verkauft wird, und es ergab sich, dafs das Gefäfs nicht etwa nur ganz wenig sich vom Sande abhob, sondern dafs die Entfernung a, Fig. 12b, zwischen dem Sande und dem Boden des schwimmenden Gefäfses eine beträchtliche war. Bei einem anderen Versuche mit grobem Sande dagegen war die Gröfse a kaum mefsbar. Auch zeigte sich bereits bei diesem einfachen Versuche, dafs der Wasserdruck, je feiner der Boden ist, desto langsamer zur Wirkung kommt. Es schwamm aus diesem Grunde bei dem feinen Sand das Gefäfs A, wenn man das Wasser sehr langsam aus ihm entfernte, mit einem verhältnifsmäfsig grofsen Wasserinhalte auf, während bei sehr schneller Wasserentnahme die Wassermenge um das Doppelte vermindert werden konnte, bevor die Lösung vom Boden erfolgte. Dieser Umstand mahnte für die späteren Untersuchungen mit feinem Sande zu grofser Vorsicht, da es sich darum handelte, den Grenzzustand des Gleichgewichtes zu ermitteln.

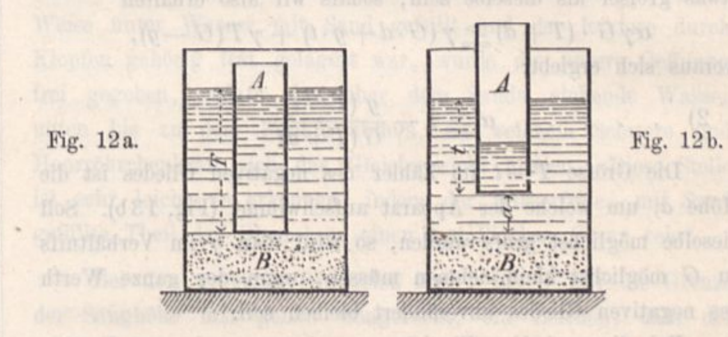


Fig. 12a. Fig. 12b.

Wenn man nun die Tiefe T (Fig. 12a) gemessen hat, bis zu welcher das Gefäfs A im Wasser stand, als es den Sand berührte, und nach dem Aufschwimmen wieder die Eintauchungstiefe t (Fig. 12b) mifst, so kann man mit Hülfe der beiden Tiefen die Gröfse des Auftriebes durch den Boden ermitteln. Ist nämlich γ das Gewicht der Raumeinheit des Wassers und G die Grundfläche des Gefäfses, so würde in dem Augenblicke des Aufschwimmens der volle Auftrieb bei der Eintauchungstiefe $T = T \cdot G \cdot \gamma$ sein. Von diesem ist aber nur $\alpha \cdot T \cdot G \cdot \gamma$ zur Geltung gekommen ($\alpha < 1$). Dieser Theil ist nun gleich dem Auftrieb, welchen der schwimmende Körper (Fig. 12b) erleidet, oder, weil er den Körper in Bewegung gesetzt hat, etwas gröfser als derselbe. Wir haben also die Beziehung

$$\alpha \cdot T \cdot G \cdot \gamma \geqq t \cdot G \cdot \gamma, \text{ woraus folgt:}$$

$$1) \quad \alpha \geqq \frac{t}{T}.$$

Leider ist, wie bereits bemerkt, dieses einfache Verfahren bei grobem Sande nicht gut anwendbar, weil bei solchem der Unterschied zwischen T und t kaum mefsbar ist. Für dichtere Erdarten aber wird es genügend genaue Ergebnisse liefern.

Einen gröfseren Grad der Genauigkeit bietet bereits der in Fig. 13a und 13b dargestellte veränderte Apparat. Bei demselben ist unten an den hohlen Cylinder A eine gröfsere Scheibe von der Dicke d befestigt, deren Fläche mit G bezeichnet werden mag. Der äufsere Querschnitt des Cylinders sei g.

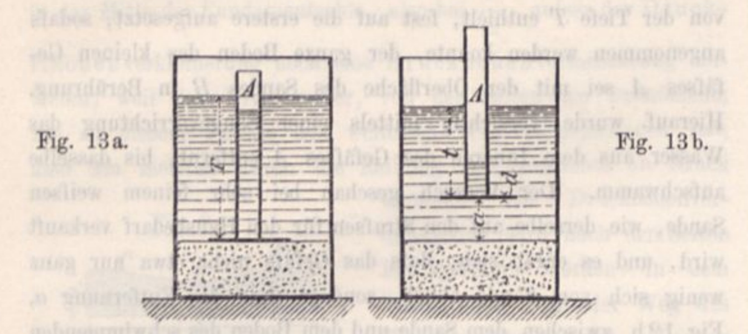


Fig. 13a. Fig. 13b.

Wenn man nun die Scheibe fest auf den Sand drückt (Fig. 13a) und aus dem Inneren des Cylinders allmählich Wasser entnimmt, bis das Gefäfs in die Lage Fig. 13b aufschwimmt, so wirken in dem Augenblicke des Aufschwimmens folgende Kräfte:

in der Richtung von oben nach unten:

a) das Gewicht des theilweise mit Wasser gefüllten Gefäfses, welches sich nach dem Aufschimmen (Fig. 13b) durch Messen der Eintauchungstiefe t berechnen läfst, zu $\gamma\{G \cdot d + g \cdot t\}$,

b) der Wasserdruck auf die ringförmige Fläche um den Cylinder von der Gröfse $\gamma T\{G - g\}$;

in der Richtung von unten nach oben aber: $\alpha \gamma G(T+d)$. Letztere Kraft mufs gleich der Summe der beiden anderen, bezw. etwas gröfser als dieselbe sein, sodafs wir also erhalten

$$\alpha \gamma G \cdot (T+d) \geqq \gamma (G \cdot d + g \cdot t) + \gamma T(G - g),$$

woraus sich ergiebt:

$$2) \quad \alpha \geqq 1 - \frac{g\,(T-t)}{G\,(T+d)}.$$

Die Gröfse $T - t$ im Zähler des negativen Gliedes ist die Höhe a, um welche der Apparat aufschwimmt (Fig. 13b). Soll dieselbe möglichst grofs werden, so wird man g im Verhältnifs zu G möglichst klein nehmen müssen, wenn der ganze Werth des negativen Gliedes unverändert bleiben soll.

Bei diesen beiden Einrichtungen hat man also zur Ermittlung von α nur die Tiefen T und t zu messen, wenn G und g ein für allemal ermittelt sind. Dieselben eignen sich ihrer einfachen Handhabung und billigen Beschaffung wegen sehr gut zur Ermittlung des Werthes von α für einen bestimmten vorliegenden Baugrund, wie dies am Schlusse dieser Arbeit empfohlen wird.

Der Grund, weshalb auch dieser Apparat zu den ferneren Untersuchungen nicht benutzt wurde, war der, dafs für die ungefähre Gröfse des Coefficienten α jeder Anhalt fehlte, und infolge dessen es nicht möglich war, für die Vorrichtung einigermafsen richtige Gröfsenverhältnisse anzunehmen. Diese Unkenntnifs ist bei der unmittelbaren Wägung von geringerem Einflusse, und wurde daher das nachstehend erläuterte Verfahren gewählt, welches auch eine gröfsere Genauigkeit zuläfst, als die beiden soeben beschriebenen.

Ein sauber abgedrehter, gufseiserner Cylinder A von 90,2 qcm Grundfläche und 3,375 cm Höhe = d (Fig. 14) wurde mittels eines feinen Drahtes an der einen Seite eines Waagebalkens befestigt, dessen andere Seite die Schale C zur Aufnahme der Gewichte trug. Der Draht, an welchem der Cylinder A hing, ging durch eine kleine Schale b hindurch, welche ebenfalls zur Aufnahme von Gewichten dienen sollte.

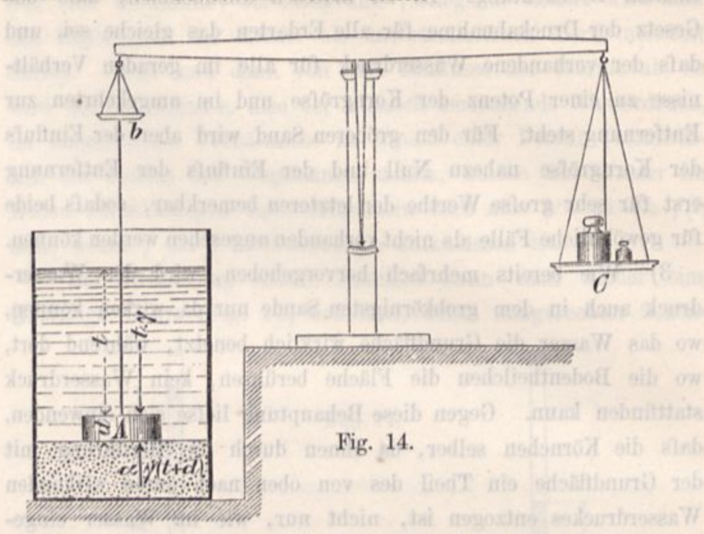


Fig. 14.

Es wurde nun zunächst der Cylinder A in das Wasser hinabgelassen, sodafs er frei in demselben schwebte; alsdann wurden auf die Schale C so viel Gewichte aufgelegt, dafs der genaue Gleichgewichtszustand hergestellt war. Wenn man nun das Gefäfs mit dem Wasser hebt, bis der Cylinder A fest auf dem Sande aufsteht, so wird der Wasserdruck gegen die Grundfläche G desselben vermindert. Derselbe beträgt nur noch $\alpha \cdot \gamma \cdot G\,(t+d)$, wenn t der Abstand seiner Oberfläche vom Wasserspiegel ist. Da der volle Wasserdruck gegen die Unterfläche $= \gamma \cdot G\,(t+d)$ sein würde, so ist die Verminderung:

$$\gamma \cdot G\,(t+d) - \alpha \cdot \gamma \cdot G\,(t+d), \text{ oder}$$
$$\gamma \cdot G\,(t+d)\,(1-\alpha).$$

Diese Druckverminderung kann man als eine neu hinzugetretene, von oben nach unten wirkende Kraft auffassen, welche den Körper A auf dem Sande festhält. Es ist daher eben so viel, oder noch etwas mehr Kraft (P) erforderlich, um den Körper wieder vom Sande abzuheben, und diese Kraft P wird erzeugt, indem die Waageschaale C mit Gewichten von der Gröfse P beschwert wird. Wir haben also in diesem Falle die Bedingung:

$$P \geqq \gamma \cdot G\,(t+d)\,(1-\alpha), \text{ woraus sich ergiebt:}$$

$$3) \quad \alpha \geqq 1 - \frac{P}{\gamma \cdot G\,(t+d)}.$$

Es mufste nun, wie schon früher erwähnt, namentlich bei feinerem Sande sehr allmählich mit der Vergröfserung von P vorgegangen werden, um dem Wasserdruck genügende Zeit zu lassen, in Wirksamkeit zu treten, weil sonst zu befürchten war, dafs P zu grofs und α zu klein ausfiele. Zu dem Ende wurde das Gewicht P durch pausenweises, langsames Zuschütten von Sand auf die Schale C gebildet und das Gewicht des Sandes, bei welchem das Abheben des Cylinders A erfolgte, späterhin durch Wägen festgestellt, indem in die Schale b so viel Gewichte gelegt wurden, bis das Gleichgewicht bei frei im Wasser schwebendem Cylinder A wieder hergestellt war.

Bevor es gelang, überhaupt brauchbare Ergebnisse zu erhalten, bedurfte es erst einer längeren Reihe von Versuchen. Anfangs fielen die Gewichte P für denselben Sand und dieselbe Wassertiefe t oft so verschieden aus, dafs unbedingt ein Versehen vorgekommen sein mufste. Dasselbe bestand denn auch, wie sich bald ergab, darin, dafs die Berührung zwischen der unteren Fläche des Cylinders A und dem Sande bei verschiedenen Versuchen nicht gleichmäfsig gewesen, weil bei ihnen in der Weise vorgegangen war, dafs nach dem erstmaligen Abheben

des Cylinders derselbe wieder auf den Sand gesetzt wurde, um, in dieser Weise fortfahrend, für dieselbe Wassertiefe gleich mehrere Werthe P zu erhalten, aus denen dann der mittlere Werth genommen werden sollte. Das Abheben und Wiederaufsetzen war aber nicht vorsichtig genug ausgeführt, sodafs der Sand durch die Wasserströmung unter dem Cylinder A aufgewühlt und uneben wurde. In der Folge wurde vermieden, dafs der Cylinder A sich überhaupt merklich hob, vielmehr die Bewegung sofort unterbrochen und der Cylinder mit einigen leichten Schlägen wieder fest auf den Sand geprefst, um einen neuen Versuch vorzunehmen. In dieser Weise wurden erst 3 Werthe von P für $t = 4$ cm, darauf 3 für $t = 8$ cm und $t = 12$ cm, dann 6 Werthe von P für $t = 16$ cm, und dann wieder rückwärts je 3 Werthe von P für $t = 12$, 8 und 4 cm ermittelt. Diese Reihenfolge wurde gewählt, um die Ungleichheiten möglichst unschädlich zu machen, welche dadurch entstehen konnten, dafs mit der wachsenden Anzahl der Versuche die Lagerung des Sandes unter dem Cylinder A infolge des wiederholten Aufpressens dieses Stückes eine dichtere wurde, sowie dadurch, dafs der Cylinder A etwas in den Sand eindrang. Es war nämlich zu fürchten, dafs die hierdurch entstehende verschieden grofse seitliche Reibung die gleichmäfsige Genauigkeit der verschiedenenen Werthe von P beeinträchtigen könne; doch zeigte sich bald durch angestellte Versuche, dafs diese Kraft eine so geringfügige war, dafs sie bei den für die Untersuchung zu Gebote stehenden Hülfsmitteln nicht in Betracht kam. Nachdem so für jede Wassertiefe t 6 Werthe von P ermittelt waren, wurde aus denselben das arithmetische Mittel genommen und diese Zahlen wurden in die Tabellen eingetragen.

Der zu den Versuchen benutzte Sand war in den Sandbergen bei Rixdorf ausgesiebt.*) Zu dieser Arbeit wurden kleine Siebe benutzt, von denen die beiden gröbsten für den Sand No. 1 aus Drahtgaze, die übrigen aber aus seidener Cylinder-Gaze[5]) hergestellt waren. Die beiden Drahtsiebe waren so eingerichtet, dafs sie — das gröbere oben, das feinere unten — in einander gesteckt werden konnten, sodafs der Sand, welcher zwischen beiden Sieben liegen blieb, das gewünschte Korn besafs. In gleicher Weise dienten für die seidene Gaze viereckige Rahmen, von denen stets zwei, bei den Nummern 0000, 000 und 00 sogar alle drei, über einander gesteckt wurden, um eine — in letzterem Falle zugleich zwei — bestimmte Sorten Sand zu liefern. In den Preisverzeichnissen für Müllergaze ist stets nur angegeben, wie viel Fäden bei den einzelnen Nummern auf 1 cm entfallen, sodafs es nun noch erforderlich war, das Verhältnifs zwischen der Fadenstärke und der Lochweite zu ermitteln, um den Durchmesser der Sandkörner bestimmen zu können.

*) Ursprünglich beabsichtigte ich, 1 oder 2 Fuhren Sand anfahren zu lassen und die langweilige Arbeit des Aussiebens zu Hause vorzunehmen. Da indessen zu befürchten stand, dafs sich aus 2 Fuhren von der einen oder der anderen Korngröfse eine ausreichende Menge nicht gewinnen liefse, zog ich es vor, diese Arbeit in den Sandgruben selbst auszuführen. Es zeigte sich auch sehr bald, wie begründet die Befürchtung gewesen war, indem es namentlich bei der feinsten Sandsorte eines langen Suchens bedurfte, bis sich eine Sandader fand, welche diese Korngröfse in lohnender Menge enthielt. Durch das Aussuchen passender Sandadern für jede Korngröfse wurde überhaupt diese Arbeit ungemein erleichtert, und es hätten gewifs 20 Fuhren beliebig angefahrenen Sandes kaum gereicht, um so viel von allen fünf Sorten zu erlangen, wie an Ort und Stelle in zwei Tagen gewonnen wurde.

5) Die seidene Cylinder-Gaze war von der Firma Louis Walcker, Berlin W. Leipzigerstr. 104, bezogen.

Dieses Verhältnifs wurde unter einer Lupe und bei den feineren Nummern unter einem Mikroskop durch Schätzung festgestellt. Um dann die Richtigkeit der Messungen einer Prüfung zu unterziehen, wurde in einer gläsernen Röhre die Saughöhe der Haarröhrchenkraft für die verschiedenen Sandsorten festgestellt. Nach dem Gesetze der Saughöhe für Haarröhrchen, welches Seelheim durch seine Versuche auch für Sand bestätigt fand, verhalten sich die Saughöhen umgekehrt wie die Durchmesser der Röhrchen. Da nun das Verhältnifs zwischen dem Durchmesser der Sandkörner zu demjenigen der Zwischenräume zwischen denselben (den Haarröhrchen) bei Sanden aus derselben Fundstelle als unveränderlich anzusehen ist, so müssen die Steighöhen der Haarröhrchenkraft auch im umgekehrten Verhältnifs der Korndurchmesser selbst stehen.

Die Feststellung der Saughöhe, oder, strenger ausgedrückt, derjenigen Höhe, bis zu welcher die Haarröhrchenkraft der Schwere des Wassers das Gleichgewicht hält, geschah in ähnlicher Weise wie bei Seelheim. Eine gläserne Röhre von etwas mehr als 1 cm lichter Weite, deren unteres Ende mit einem Siebe zum Zurückhalten des Sandes versehen war, wurde an demselben Ende mit der Hand wasserdicht geschlossen und zunächst mit Wasser gefüllt, in welches dann, von oben hinein, allmählich der Sand eingeschüttet wurde. Da die Sandkörner einzeln durch das Wasser niederfielen, lösten sich alle ihnen anhaftenden Luftbläschen in noch vollkommenerer Weise, als wenn man, wie dies Seelheim that, die bereits mit Sand gefüllte Röhre auf die ganze Höhe der Sandfüllung mit dem unteren Ende in das Wasser eintaucht. Nachdem die Röhre in dieser Weise unter Wasser mit Sand gefüllt und der letztere durch Klopfen gehörig fest gelagert war, wurde die untere Oeffnung frei gegeben, sodafs das über dem Sande stehende Wasser unten bis zu dem Punkte abflofs, an welchem Schwere und Haarröhrchenkraft sich das Gleichgewicht hielten. Diese Stelle ist sehr leicht zu erkennen, indem der wasserfreie, mit Sand gefüllte Theil des Glasrohres einen metallischen Glanz zeigt.

Bei den groberen Sandarten Nr. 1 bis 3 war die Grenze der Saughöhe fast genau waagerecht, ein Zeichen, dafs der Sand im Rohre überall gleichmäfsig dicht sich abgelagert hatte. Bei dem Sande Nr. 5 dagegen betrug die Saughöhe bei dem ersten Versuche auf der einen Seite des Glasrohres gegen 80 cm, auf der entgegengesetzten dagegen nur 54 cm. Es war also die Lagerung eine ungleichmäfsige und das Ergebnifs nicht brauchbar. Die Ergebnisse der späteren Versuche, welche in der nachfolgenden Tabelle Aufnahme fanden, zeigen zwar nicht mehr so bedeutende Unterschiede als der erste, jedoch war eine solche Gleichmäfsigkeit wie bei den Sanden Nr. 1 bis 3 nicht zu erzielen. In die Tabelle ist an letzter Stelle auch ein Sandgemisch aufgeführt, dessen Zusammensetzung weiter unten mitgetheilt ist, und dessen weitere Untersuchungs-Ergebnisse die Tabelle 8 enthält.

Die Spalte 9 giebt die mittleren der durch die Haarröhrchenkraft bedingten Saughöhen der untersuchten Sorten an. Wenn man nun diejenige gemessene Korngröfse, welche in Bezug auf das Gesetz dieser Kraft für die übrigen die passendsten Ergebnisse liefert (in unserem Falle das δ des Sandes Nr. 4 0,323), als richtig annimmt und aus derselben mit Hülfe der ermittelten Saughöhen die Korndurchmesser der anderen Sandarten berechnet, so erhält man die Werthe, welche die Spalte 10

zeigt.[6]) Dieselben stimmen sehr gut mit den durch Messung gefundenen überein. Die gröfste Abweichung findet bei Sand Nr. 1 und Nr. 5 statt. Bei Sand Nr. 1 ist wahrscheinlich der Werth der Spalte 10 richtiger, weil die Ermittlung der Maschengröfse bei den beiden Drahtsieben weniger zuverlässig ist. Bei Sand Nr. 5 dagegen dürfte der Werth in Spalte 7 richtiger sein, weil die Ermittlung der Saughöhe der Haarröhrchenkraft, wie schon erwähnt, Schwierigkeiten bot.

Immer ist die Uebereinstimmung eine recht gute, und man kann annehmen, das jedenfalls das **Verhältnifs** zwischen den Korndurchmessern, auf welches es bei der nachfolgenden Untersuchung hauptsächlich ankommt, genügend genau ermittelt ist.

Tabelle 1. Ermittlung der Korndurchmesser des Sandes.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Bezeichnung des Sandes	Bezeichnung des Siebes	Anzahl der Faden auf 1 cm	Mittlere Weite einer Masche einschl. des Fadens mm	Verhältnifs zwischen Fadenstärke und lichter Oeffnung	Weite der lichten Oeffnung mm	Mittlerer Korndurchmesser des Sandes mm	Gemessene Saughöhe der Haarröhrchenkrft. cm	Mittlere Saughöhe der Haarröhrchenkrft. cm	Nach der Saughöhe ermittelte Korndurchmesser mm
Nr. 1	Drahtsieb 1		2,06	1 : 3	1,545	1,418	5,5—6	6	1,346
	Drahtsieb 2		1,72	1 : 3	1,29		6—6,5		
Nr. 2	Seidene Gaze Nr. 0000	7	1,43	1 : 7	1,25	1,077	7—8	7,51	1,070
	desgl. Nr. 000	9½	1,053	1 : 6	0,903		7,3—8		
Nr. 3	desgl. Nr. 000	9½	1,053	1 : 6	0,903	0,814	9—10	9,75	0,824
	desgl. Nr. 00	11½	0,87	1 : 5	0,725		9—11		
Nr. 4	desgl. Nr. 3	23	0,435	2 : 9	0,356	0,323	21—27	24,88	0,323
	desgl. Nr. 5	26	0,385	1 : 3	0,289		23—28,5		als richtig angenommen
Nr. 5	desgl. Nr. 12	50	0,200	1 : 2—2 : 3	0,12—0,133	0,112—0,121	59,5—64	62,15	0,129
	desgl. Nr. 14	55	0,182	2 : 3—3 : 4	0,104—0,109	im Mitt. 0,117	59—66		
Gewöhnl. weifser Streusand							84	84	0,096

Bevor der Sand zu den Versuchen benutzt wurde, war derselbe durch wiederholtes Waschen von allen etwa anhaftenden Lehm- oder Thontheilchen gereinigt, eine chemische Reinigung dagegen mit ihm nicht vorgenommen worden. Als dann die Untersuchungen mit dem Sande Nr. 1 begannen, zeigte sich zu nicht geringer Ueberraschung, dafs bei dieser Korngröfse mit den in Anwendung gebrachten Apparaten eine Verminderung des Auftriebes überhaupt nicht mehr nachweisbar sei. Die Beschaffung dieser Nummer war daher vergebliche Mühe gewesen. Ebenso war das Ergebnifs bei dem Sande Nr. 2 für die geringeren Wassertiefen $t = 4{,}0$ und $8{,}0$ cm. Erst bei 12 cm war eine geringe Abnahme des Auftriebes nachweisbar. Die nachstehenden Tabellen, welche die Ergebnisse meiner Wägungen enthalten, fangen daher auch erst mit dem Sande Nr. 2 an.

Bei dem Sand Nr. 5 wurde auch der bereits bei Besprechung des Apparates Fig. 11 und 12 erwähnte Versuch wiederholt. Es wurde nämlich bei einer Wassertiefe $t = 16$ cm das Gewicht P einmal sehr schnell vergröfsert, bis das Abheben des Cylinders A erfolgte, das andere Mal sehr langsam, wie stets bei den Versuchen. Bei der schnellen Vergröfserung ergab sich $P = 189$ gr, bei der langsamen aber $P = 70$ gr. Im ersteren Falle war also P mehr als doppelt so grofs, als im zweiten, und es erhellt daraus, wie vorsichtig langsam man bei feineren Sandarten die Belastung steigern mufs, wenn man brauchbare Werthe erhalten will.

6) Für die Grube Maria würde nach der oben in Fig. 3 gegebenen Erklärung die Saughöhe der Haarröhrchenkraft 24′ rheinl. = 7,532 m betragen haben. Berechnet man nun, wie oben, aus der Steighöhe des Sandes Nr. 4 die für 7,532 m erforderlichen mittleren Durchmesser der Sandkörner, so findet man $\delta = \frac{0{,}323 \cdot 24{,}88}{753{,}2} = 0{,}0106$ mm. Für thonhaltigen feinen Sand ist dies jedenfalls ein sehr wahrscheinlicher Werth.

Ergebnisse der Wägungen.

Tabelle 2. Sand Nr. 2. Korndurchmesser $\delta = 1{,}077$ mm.

Tiefe t cm	Anzahl der Versuche n	Summe der Gewichte $n \cdot P_1$	Mittleres Gewicht P	Werth von $\frac{P}{\gamma \cdot G(t+d)}$	Werth von $\alpha_2 = 1 - \frac{P}{\gamma \cdot G(t+d)}$
4,0 8,0	Die Gröfse von P war bei diesem Wasserdrucke nicht mefsbar.				
12,0	6	12,5 gr	2,08 gr	0,00149	0,99851
16,0	6	14,8 „	2,47 „	0,00141	0,99859
		Summe . . .		0,00290	1,99710
		Mittl. Werth .		0,00145	0,99855 $=\alpha_2$

Tabelle 3. Sand Nr. 3. Korndurchmesser $\delta = 0{,}814$ mm.

Tiefe t cm	Anzahl der Versuche n	Summe der Gewichte $n \cdot P_1$	Mittleres Gewicht P	Werth von $\frac{P}{\gamma \cdot G(t+d)}$	Werth von α_3
4,0	6	20,1 gr	3,35 gr	0,00503	0,99497
8,0	6	24,2 „	4,03 „	0,00392	0,99608
12,0	6	37,4 „	6,23 „	0,00449	0,99551
16,0	6	37,1 „	6,1 „	0,00349	0,99651
		Summe . . .		0,01693	3,98307
		Mittl. Werth .		0,00423	0,99577 $=\alpha_3$ [7])

Tabelle 4. Sand Nr. 4. Korndurchmesser $\delta = 0{,}323$ mm.

Tiefe t cm	Anzahl der Versuche n	Summe der Gewichte $n \cdot P_1$	Mittleres Gewicht P	Werth von $\frac{P}{\gamma \cdot G(t+d)}$	Werth vou α_4
4,0	12	62,5 gr	5,2 gr	0,00781	0,99219
8,0	12	92,2 „	7,7 „	0,00750	0,99250
12,0	12	118,0 „	9,8 „	0,00706	0,99294
16,0	6	83,5 „	13,9 „	0,00795	0,99205
		Summe . . .		0,03032	3,96968
		Mittl. Werth .		0,00758	0,99242 $=\alpha_4$ [7])

Tabelle 5. Sand Nr. 5. Korndurchmesser $\delta = 0{,}117$ mm.

Tiefe t cm	Anzahl der Versuche n	Summe der Gewichte $n \cdot P_1$	Mittleres Gewicht P	Werth von $\frac{P}{\gamma \cdot G(t+d)}$	Werth von α_5
4,0	6	167,4 gr	27,4 gr	0,04116	0,95884
8,0	12	612,5 „	50,54 „	0,04826	0,95174
12,0	6	389,8 „	64,46 „	0,04647	0,95353
16,0	6	453,2 „	75,03 „	0,04292	0,95708
		Summe . . .		0,17881	3,82119
		Mittl. Werth .		0,04470	0,95530 $=\alpha_5$ [7])

Anm. zu Tab. 3, 4 u. 5: Der wahrscheinliche Fehler für die in den Tabellen aufgeführten mittleren Werthe von α_3, α_4 und α_5 ergiebt sich nach der Berechnungsweise der kleinsten Quadrate zu bezw.: $\pm 0{,}0002253$, $\pm 0{,}0001679$ und $\pm 0{,}0010929$.

Nach Ermittlung des Coefficienten α für bestimmte Korngröfsen folgten einige Versuche mit Mischungen aus denselben, und zwar zunächst mit einer Mischung von gleichen Raumtheilen Sand Nr. 4 und Nr. 5. Das Gemenge bildete einen ziemlich feinen, aber scharfen Sand, wie denn überhaupt der ganze verwendete Sand verhältnifsmäfsig scharf war, sodafs selbst die feinste Sorte Nr. 5 in der Hand knirschte und unter dem Mikroskope wenig runde Formen zeigte. Das Ergebnifs ist in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 6. 1 Theil Sand Nr. 4 und 1 Theil Sand Nr. 5.

Tiefe t cm	Anzahl der Versuche n	Summe der Gewichte $n \cdot P$	Mittleres Gewicht P	Werth von $\frac{P}{\gamma \cdot G(t+d)}$	Werth von $\alpha = 1 - \frac{P}{\gamma \cdot G(t+d)}$
		101,7+123,5	33,9 bez. 41,2	(0,05092)	(0,94908)
4,0	6	=224,2 gr	i. M. 37,37 gr	0,05614?	0,94386
8,0	6	241,5 „	40,25 „	0,03921	0,96079
12,0	6	298,5 „	49,25 „	0,03587	0,96413
16,0	6	373,3 „	62,22 „	0,03559	0,96441
				(0,16087)	(3,83841)
		Summe . . .		0,16681	3,83319
				(0,04022)	(0,95960)
		Mittl. Werth .		0,0417	0,95830

Der Werth $\frac{P}{\gamma \cdot G \cdot (t+d)}$ für $t=4$ cm ist unwahrscheinlich hoch (0,0514), sodafs vermuthlich irgend ein Versehen vorgekommen ist. Benutzt man den, allerdings nur wenig geringeren Werth 0,05092 aus den drei ersten Wägungen ($nP=101,7$ $P=33,9$), so erhält man den etwas abweichenden Werth $\frac{P}{\gamma \cdot G \cdot (t+d)}$ $=0,04022$ und $\alpha=0,95960$, welche beide in der Tabelle eingeklammert aufgeführt sind. Läfst man den Versuch für $t=4$ cm ganz fort und benutzt nur die Versuche für die Tiefen 8, 12 und 16 cm, so erhält man als mittleren Werth von $\frac{P}{\gamma \cdot G \cdot (t+d)}$ $=0,03689$, und als Werth von α — 0,96311.

Aus allen drei Werthen von α ist aber der überwiegende Einflufs der feineren Sandart ersichtlich, wie dies auch nicht anders zu erwarten war. Bezeichnet man das für den unvermischten Sand ermittelte α mit α_4 bezw. α_5, das für den zu gleichen Theilen gemischten mit α_{4+5}, so ist bei Benutzung der nicht eingeklammerten Ziffern der Tabelle $\alpha_{4+5} = \frac{\alpha_4 + 11 \cdot \alpha_5}{12}$, für die eingeklammerten $\alpha_{4+5} = \frac{\alpha_4 + 7,6\ \alpha_5}{8,6}$ und endlich bei Benutzung der Versuche nur der gröfseren Tiefen immer noch

$$\alpha_{4+5} = \frac{\alpha_4 + 3,7\ \alpha_5}{4,7}.$$

Eine Untersuchung mit einer Mischung aus gleichen Theilen Sand Nr. 3, Nr. 4 und Nr. 5, welche sich als ein schöner, scharfer Sand darstellte, wie man ihn gern zum Mauern mit Cementmörtel verwendet, lieferte die Ergebnisse in Tabelle 7.

Auch hier ist wieder der Werth von $\frac{P}{\gamma \cdot G(t+d)}$ für $t=4,0$ cm bedeutend gröfser als die übrigen. Als Erklärung dieser Erscheinung, welche sich bei allen Sandmischungen (auch bei der nächsten) wiederholt, dient möglicherweise die Annahme, dafs sich bei dem ersten Versuche, trotz aller Vorsicht bei der Herstellung der Sandbettung und der Wasserzuführung, an der

Tabelle 7. 1 Theil Sand Nr. 3, 1 Theil Sand Nr. 4 und 1 Theil Sand Nr. 5.

Tiefe t cm	Anzahl der Versuche n	Summe der Gewichte $n \cdot P$	Mittleres Gewicht P	Werth von $\frac{P}{\gamma \cdot G(t+d)}$	Werth von $\alpha = 1 - \frac{P}{\gamma \cdot G(t+d)}$
4,0	6	155,6 gr	25,93 gr	0,03895	0,96105
8,0	6	164,6 „	27.43 „	0,02672	0,97328
12,0	6	240,3 „	40,05 „	0,02887	0,97113
16,0	6	226,6 „	37,77 „	0,02161	0,97839
				(0,07720)	(2,92280)
		Summe . . .		0,11615	3,88385
				(0,02904)	(0,97427)
		Mittl. Werth .		0,0254	0,97096

Oberfläche des Sandes etwas mehr von der feinsten Sorte niedergeschlagen hatte, die erst später infolge der allerdings sehr geringen Wasserströmung, welche beim Abheben des Cylinders A unter demselben entsteht, fortgespült wurde. Die nicht eingeklammerten Durchschnittswerthe der Tabelle 7 von $\frac{P}{\gamma \cdot G \cdot (t+d)}$ bezw. α sind aus der Summe sämtlicher Einzelwerthe gebildet, die eingeklammerten dagegen nur aus den Einzelwerthen, welche den Tiefen $t=8$, 12 und 16 cm entsprechen. Auch bei dieser Mischung ist noch der Einflufs des feinsten Sandes überwiegend. Der eingeklammerte Durchschnittswerth von α (α_{3+4+5} nach unserer früheren Bezeichnung) ist hier genau $= \frac{\alpha_3 + \alpha_4 + 2\alpha_5}{4}$.

Endlich wurde noch ein Versuch mit Sand gemacht, wie er auf der Strafse von den Sandwagen für den Hausbedarf feil geboten wird und dessen nach dem Gesetze der Haarröhrchenkraft ermittelte mittlere Korngröfse die letzte waagerechte Spalte der Tabelle 1 enthält. Dieser Sand wurde weder gewaschen, noch durch Siebe in bestimmte Korngröfsen getrennt, sondern in der Mischung verwandt, in welcher er gefunden wird. Um indessen einen ungefähren Begriff von der Korngröfse zu erhalten, wurde er durch die beiden feinsten der vorhandenen seidenen Siebe gesiebt. Es ergab sich dabei, dafs 45 % desselben auf dem Siebe Nr. 12 liegen blieb, also gröfseren Durchmesser hatte, als 0,12 bis 0,133 mm, dafs ferner 15 % zwischen den Sieben Nr. 12 und 14 liegen blieb, also den Durchmesser des mit Nr. 5 bezeichneten Sandes (0,117 mm) hatte, und dafs endlich 40 % durch das Sieb Nr. 14 durchfiel. Auch diesen Sand mufs man noch als scharf bezeichnen; die Körner zeigten unter dem Mikroskop zwar ziemlich verschiedene Gröfsen, aber fast durchweg scharfe Kanten, wie der aus Rixdorf stammende. Die Sandbettung wurde absichtlich in der Weise hergestellt, dafs man den Sand mit dem Wasser vollständig aufrührte und ihn dann sich setzen liefs, sodafs also die feinsten Theile an der Oberfläche lagen. Um ein festes Ablagern zu erreichen, mufste der äufserst bewegliche Sand 12 Stunden stehen bleiben, bevor mit dem Versuche begonnen werden konnte. Das Ergebnifs des letzteren ist in der umstehenden Tabelle 8 enthalten.

Bei diesem Sande ist allerdings die Verminderung des Auftriebes bereits merkbarer, beträgt aber doch erst 15,5 %, und man sieht daraus, dafs es verhältnifsmäfsig feiner Erdarten bedarf, um den Werth von α sehr klein zu machen. Andererseits bemerken wir aber, wenn man die Werthe von $\frac{P}{\gamma \cdot G \cdot (t+d)}$ für die Sandarten Nr. 2, 3 und 4 einerseits mit denen für die Sand-

Tabelle 8. Gewöhnlicher weifser Sand, wie man ihn auf der Strafse kauft. (Vergl. Tab. 1 unten.)

Tiefe t cm	Anzahl der Versuche n	Summe der Gewichte $n \cdot P$	Mittleres Gewicht P	Werth von $\frac{P}{\gamma \cdot G(t+d)}$	Werth von $\alpha = 1 - \frac{P}{\gamma \cdot G(t+d)}$
4,0	3	369,5 gr	123,2 gr	0,18507	0,81493
8,0	3	423,3 „	141,1 „	0,13746	0,86254
12,0	3	585,0 „	195,0 „	0,14057	0,85943
16,0	3	823,3 „	275,4 „	0,15697	0,84303
		Summe . . .		0,62007	3,37993
		Mittl. Werth .		0,15502	0,84498

arten Nr. 5 und den gemischten Sand der letzten Tabelle andererseits vergleicht, dafs der Auftrieb von einer gewissen Grenze an sehr schnell abnimmt.

Wenn wir die gewonnenen Ergebnisse graphisch darstellen, und zwar sowohl die Druckflächenverminderung $\frac{P}{\gamma \cdot G \cdot (t+d)}$ als Function der Korndurchmesser δ, wie auch den Coefficienten ∞, so ergiebt sich danach in Betreff der Nullwerthe dieser Functionen zunächst Folgendes:

α wird Null werden, wenn sich die Korngröfse δ dem Nullwerthe nähert. Die Curve, welche die Gleichung $\alpha = f(\delta)$ darstellt, mufs also im Nullpunkte des Coordinatensystems beginnen. Der gröfste Werth, den α annehmen kann, ist andererseits 1, denn der Wasserdruck im Boden kann nie gröfser werden, als der theoretische. Es wird aber streng genommen α den Werth 1 erst annehmen können, wenn die Körner einen so grofsen Durchmesser δ haben, dafs auf einer Flächeneinheit überhaupt kein Berührungspunkt mehr vorhanden ist. δ wird also sehr grofs werden müssen, und der eine Schenkel der Curve verläuft nahezu asymptotisch zu der Abscisse δ, deren Ordinate $\alpha = 1$ ist. Eine wirkliche Näherungslinie (Asymptote) kann diese Abscisse aber nicht sein, d. h. die Berührung mufs früher eintreten, als für $\delta = \alpha$. Denn wenn der Korndurchmesser $= \alpha$ wird, so wird die Oberfläche eine Ebene. Die Berührung zwischen dem Versuchskörper und dem Boden ist also dann wieder eine allseitige und α mufs wieder zu Null werden, wie für $\delta = 0$.

In der nachstehenden Tabelle sind die Werthe für δ, für die gefundenen mittleren Werthe des Ausdruckes $\frac{P}{\gamma \cdot G \cdot (t+d)}$ und für α zusammengestellt.

Tabelle 9. Coordinaten für $\frac{P}{\gamma \cdot G(t+d)} = f(\delta)$ und $\alpha = f(\delta)$.

Bezeichnung der Sandart	Korngröfse δ	Werthe von $\frac{P}{\gamma \cdot G(t+d)}$	Werthe von α
	0	1	0
Gewöhnlicher weifser Sand	Wahrscheinlicher mittlerer Durchmesser 0,096	0,15502	0,84498 8)
Sand Nr. 5	0,117	0,04470	0,9553
Sand Nr. 4	0,323	0,00758	0,99242
Sand Nr. 3	0,814	0,00423	0,99577
Sand Nr. 2	1,077	0,00145	0,99855
	δ sehr grofs	0	1

Der gewöhnliche weifse Sand, für welchen die Tabelle 8 die Ergebnisse der Untersuchung enthält, hat auch in Tabelle 9 einen Platz gefunden, wiewohl er eine Mischung aus Körnern von nicht bestimmter Gröfse darstellt, der für ihn ermittelte Werth α also nicht unmittelbar mit den übrigen zu vergleichen ist. Es geschah dies, um zu zeigen, wie schnell von einer gewissen Grenze an mit der abnehmenden Korngröfse die Werthe von α bezw. $\frac{P}{\gamma \cdot G \cdot (t+d)}$ sich verändern.

Nach Tabelle 9 sind nun die Werthe von $\alpha = f(\delta)$ in Fig. 15 aufgetragen, und ist dann eine vermittelnde Curve zwischen die Punkte gelegt. Stellt man anstatt $\alpha = f(\delta)$ den Ausdruck $\frac{P}{\gamma \cdot G \cdot (t+d)} = f(\delta)$ graphisch dar, so gewinnt die Curve durch diese Verlegung der Achse eine gewisse Aehnlichkeit mit einer gleichschenkligen Hyperbel, indem ihre beiden Schenkel den Coordinatenachsen sich sehr allmählich nähern. Die Berührungspunkte zwischen den Achsen und der Curve liegen aber, wie erwähnt, in endlicher Entfernung vom Nullpunkte.

Fig. 15.

Graphische Darstellung von $\alpha = f(\delta)$

Unter Anwendung genauerer Apparate, als sie bei den Versuchen zur Verfügung standen, würde sich wohl die Lage der Curve noch etwas ändern, und zwar wahrscheinlich in der durch die punktirte Linie angedeuteten Richtung; auch wird möglicherweise die Krümmung etwas weniger scharf ausfallen. Im ganzen wird aber, wie bereits aus der allgemeinen Betrachtung über die Grenzwerthe der Function $\alpha = f(\delta)$ hervorgeht, der durch Fig. 15 dargestellte Verlauf der Curve der richtige sein.

IV. Schlufsfolgerungen.

1) Wir haben gefunden, dafs für eine beliebige Erdart der Druck auf die Flächeneinheit einer Grundsohle bei a bezw. a' in Fig. 16a und 16b, ein gleichmäfsiges Aufliegen der Sohle vorausgesetzt, die Gröfse $\alpha \cdot \varepsilon_x \cdot \gamma \cdot h$ haben wird. In diesem

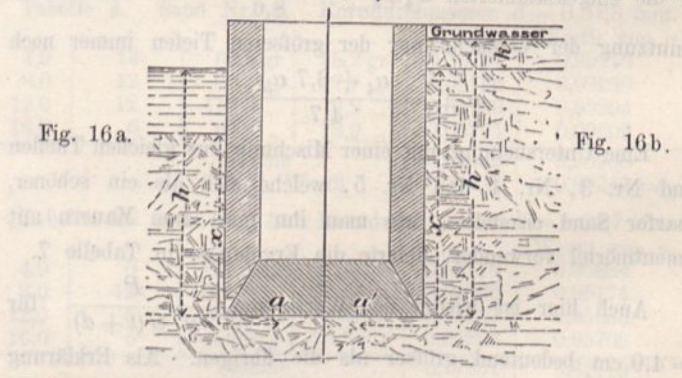


Fig. 16a. Fig. 16b.

8) Als Ordinate für die Fig. 15 würde diesem Werthe eine Abscisse δ entsprechen, welche erheblich kleiner als der in der Tabelle angegebene mittlere Werth ($\delta = 0,096$) wäre, weil, wie angegeben, bei der Ermittlung von $\alpha = 0,84498$ die feinsten Körner oben auf lagen.

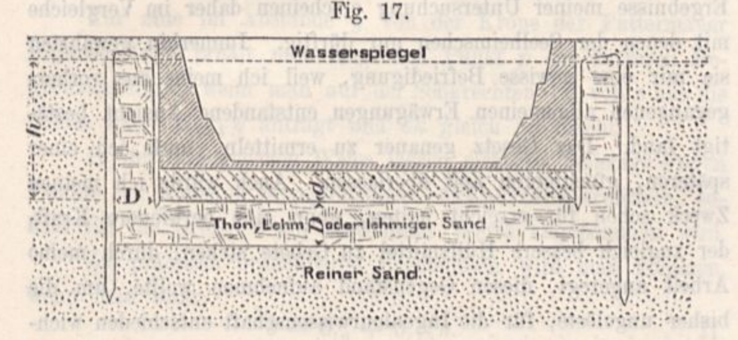
Ausdrucke bedeutet γ das Gewicht der Cubikeinheit des Wassers, h den senkrechten Abstand des drückenden Wasserspiegels von der Grundsohle, und zwar ist h um die Saughöhe k der Haarröhrchenkraft zu vermindern, wenn der Wasserspiegel unter der Erdoberfläche liegt, Fig. 16b. Es bedeutet ferner α den Coefficienten der Druckflächenverminderung und ε_x den veränderlichen Coefficienten der Druckhöhenverminderung für die vom Druckwasser im Boden zu durchlaufende Länge x, Fig. 16a und 16b. In welcher Weise α und ε ermittelt werden können, wurde in den Abschnitten II 2) und III angegeben.

2) Für reinen Sand von grobem und mittlerem Korn ($\delta >$ als etwa 0,4 mm) ist sowohl der Werth von α als auch der Werth von ε für bedeutende Wegeslängen x nahezu $= 1$, sodafs man für solchen Boden den wirksamen Druck für die Flächeneinheit von Fundamenten $= \gamma \cdot h$ setzen mufs. Ist die Stärke der Betonschicht d und das Gewicht der Cubikeinheit des Betons $\gamma' = \beta \cdot \gamma$, so wird mithin der auf Biegen der Betonsohle wirkende Wasserdruck:

4) $p = \gamma\,(h - \beta \cdot d)$ für die Flächeneinheit gesetzt werden müssen.

3) Um diesen Druck bei Fundamenten in sehr durchlässigem Sande zu vermindern, haben sich bekanntlich Bettungen unter und neben der Betonsohle (Fig. 17) aus Thon oder mit Thon

Fig. 17.



und Lehm gemischten Erdarten sehr bewährt. Die Gröfse des auf Biegen der Betonsohle wirkenden Druckes, welcher bei Anwendung derartiger Bettungen noch zur Wirkung kommt, läfst sich nach unseren Untersuchungen wie folgt ermitteln:

a) Besteht die Bettung aus reinem Thon oder einer so dichten Erdart, dafs für die vorhandene Druckhöhe h und die angenommene Dicke D der Bettung der durch die Vorrichtung Fig. 11 ermittelte Coefficient $\varepsilon = 0$ wird, d. h. dringt bei der Druckhöhe h[9]) und der Länge der Bodenfüllung $l = D$ nach langer Zeit gar kein Wasser durch, so kann man annehmen, dafs das ganze Gewicht der Bettung abzüglich des Gewichtsverlustes durch Eintauchen in das Grundwasser dem Drucke gegen die Betonsohle entgegenwirkt.

Es wird also in diesem Falle der auf Biegen der Betonsohle wirkende Druck:

$$p = \gamma \cdot h - \gamma\,(\beta_1 - 1)\,D - \gamma \cdot \beta \cdot d \text{ oder}$$

5) $p = \gamma\,\{h - (\beta_1 - 1)\,D - \beta \cdot d\}$, wenn man das Gewicht der Cubikeinheit des Bettungsbodens mit $\beta_1 \cdot \gamma$ bezeichnet.

b) Ergab die Untersuchung einen Werth für $\varepsilon > 0$ bei der Dicke der Bettungsschicht D, den wir mit ε_D bezeichnen wollen, so mufs zunächst auch der Coefficient α der Druckflächenverminderung ermittelt werden, und es ist dann der auf Biegen der Betonsohle wirkende Wasserdruck:

6) $p = \gamma\,\{h - (\beta_1 - 1)\,(1 - \varepsilon_D \cdot \alpha)\,D - \beta \cdot d\}$.

Dieser Ausdruck geht für reinen Thonboden, für welchen wir $\varepsilon = \alpha = 0$ annahmen, in den unter 5) aufgeführten über, während er für $\varepsilon = \alpha = 1$, wie wir dies unter 2) dieses Abschnittes für reinen Sand annahmen, den Werth der Formel 4) liefert.

Beispiel: Der Boden einer Schleuse von 12 m lichter Weite soll eine Betonsohle von 1,3 m Stärke (d) erhalten. Der Beton besteht aus Bruchsteinschotter, sodafs das Gewicht eines Cubikmeters = 2000 kg oder $\beta = 2$ gesetzt werden kann. Die Druckhöhe beträgt bei trocken gelegter Schleusenkammer 4 m. Das Gewicht des Bettungsmaterials betrage ebenfalls 2000 kg für 1 cbm, sodafs auch $\beta_1 = 2$ ist. Die Untersuchung des zur Verfügung stehenden Bettungsmaterials hat $\alpha = 0,25$ ergeben und für $D = 1$ m ε zu 0,2, für $D = 1,25$ m ε zu 0,18 und für $D = 1,5$ m ε zu 0,16.

Würde man die Bettung $D = 1$ m stark machen, so würde nach Formel 6) $p = 1000\,\{4 - (2 - 1)\,(1 - 0,25 \cdot 0,2) \cdot 1 - 1,3 \cdot 2\}$ $p = 450$ kg für 1 qm der Betonsohle. Da die Breite derselben $b = 12$ m ist, so wäre der Gesamtauftrieb für einen Streifen von 1 m Breite $450 \cdot 12 = 5400$ kg. Das Biegungsmoment $M = \frac{5400 \cdot 12}{8} = 8100$ kg. Das Widerstandsmoment dieses Streifens wäre $\frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{1 \cdot 1,3^2}{6}$, mithin die Beanspruchung $k = \frac{M}{W}$ $= \frac{8100 \cdot 6}{1,3^2} = 28757$ kg für 1 qm oder 2,8757 kg für 1 qcm. Diese Beanspruchung erscheint für den zu verwendenden Mörtel sehr hoch. Verstärkt man die Bettung auf 1,25 m, so wird $p = 1000\,\{4 - (2 - 1)(1 - 0,25 \cdot 0,18) \cdot 1,25 - 1,3 \cdot 2\} = 206$ kg. Die Beanspruchung vermindert sich in dem Verhältnisse $\frac{206}{450}$, wird also nur noch $2,8757 \cdot \frac{206}{450} = 1,3164$ kg für 1 qcm betragen.

Macht man die Bettung 1,5 m stark, so erhält man:

$p = 1000\,\{4 - (2 - 1)\,(1 - 0,25 \cdot 0,16)\,1,5 - 1,3 \cdot 2\} =$ -40; p ist negativ, d. h. eine Beanspruchung auf Biegen findet überhaupt nicht mehr statt. Hätte man reinen Thon oder eine Mischung, für welche $\varepsilon = 0$ war, verwenden können, so würde nach Formel 5) p bereits für $D = 1,4$ m zu Null werden.

4) In derselben Weise, wie gegen waagerechte Flächen, wird man auch den Wasserdruck gegen senkrechte Mauern in durchlässigem Boden bestimmen können. Zu diesem durch die Hinterfüllungserde waagerecht wirkenden Wasserdrucke würde dann noch der Druck der Erde selbst hinzugerechnet werden müssen. Letzterer würde unter dem natürlichen Böschungswinkel des Bodens, aber für die Cubikeinheit nur mit einem Gewichte in Rechnung zu stellen sein, welches gleich dem Gewicht des mit Wasser durchtränkten Bodens, vermindert durch das Gewicht des Wassers wäre. Da der durchtränkte Boden für 1 cbm etwa 2000 kg, das Wasser 1000 kg wiegt, ergiebt dies nur etwa 1000 kg.

Diese Annahme[10]) wird namentlich bei Sandboden den wirklichen Verhältnissen entschieden näher kommen, als die übliche,

9) Um den Coefficienten ε möglichst richtig zu bekommen, mufs man in diesem Falle bei der Feststellung von ε den zu untersuchenden Boden von der Länge $l = D$ nur in den waagerechten Theil des Apparates einstampfen, sodafs der zur Aufnahme der drückenden Wassersäule bestimmte Schenkel der **U** förmigen Röhre nur Wasser enthält.

10) Vergl. Brennecke „Statische Berechnung gemauerter Senkkasten" in Glasers Annalen 15. Sept. 1883. S. 127.

nach welcher Wasser und Sand gemischt unter dem natürlichen Böschungswinkel des nassen Sandes wirken.

Aus der ganzen Untersuchung geht ferner hervor, dafs es nicht zweckmäfsig ist, derartige Mauern, um den Erddruck zu vermindern, mit reinem Schotter oder grobem Kies zu hinterfüllen. Dieser Boden hat zwar einen grofsen natürlichen Böschungswinkel, läfst aber andererseits den ganzen Wasserdruck zur Geltung kommen. Die beste Hinterfüllung für Kaimauern mit wechselndem Wasserstande vor denselben und namentlich für Mauern von Trockendocks wird vielmehr eine Mischung von Schotter aus wenig porösen Steinen und Thon sein, von welcher der erste Theil, selbst wenn der Thon aufweicht, den grofsen Böschungswinkel sichert, letzterer aber den Wasserdruck abhält. Bei gewöhnlichen Kaimauern mufs bei Sandboden als Hinterfüllung jedenfalls für ausreichende Entwässerung nach der Vorderseite hin gesorgt werden.

5) Canalschleusen in reinem Sande haben während des regelmäfsigen Betriebes, wie die Beobachtung am Elde-Canal zeigt, keinen nennenswerthen Ueberdruck von unten zu erleiden, jedenfalls genügt das Gewicht einer schwachen Betonsohle allein, um demselben das Gleichgewicht zu halten. Selbst wenn die Dichtung am Oberhaupte gegen den Oberwasserspiegel hin eine ungenügende wäre, würde, so lange die Quellen nicht so stark sind, dafs sie durch Unterspülung schaden könnten, der Grundwasserstand unter und neben der Schleusenkammer dem Unterwasserspiegel entsprechen. Ein Abschlufs gegen das Unterwasser ist daher bei diesen Schleusen mit Rücksicht auf den Auftrieb gegen den Boden eher schädlich, als nützlich, während es stets wünschenswerth ist, die Dichtung am Oberhaupte gegen das Oberwasser so sorgfältig als möglich zu machen. Bei undurchlässigeren Erdarten würde man sogar durch eine Schüttung aus grobem Sande unter und neben der Betonsohle, die in ungehinderter Verbindung mit dem Unterwasser stände, den Boden der Schleuse von dem Wasserdrucke, der infolge undichten Abschlusses gegen das Oberwasser entstände, entlasten können. Dies eben Gesagte gilt, wie bereits erwähnt, nur während des regelmäfsigen Betriebes, also wenn in der Schleuse mindestens der Stand des Unterwassers vorhanden ist. Soll die Schleuse bei Ausbesserungen ganz wasserfrei gemacht werden, so würde man bei Anwendung der eben erwähnten Sandschüttung ebenso sicher auf den vollen Auftrieb zu rechnen haben, welcher der Höhe des Unterwassers entspricht.

Die einen Schleusenboden umgebenden Spundwände werden, wenn sie ganz in grobem Sande stehen, allerdings einen Schutz gegen Unterspülung gewähren, aber den Wasserdruck gegen die Betonsohle kaum nennenswerth vermindern.

Je feinkörniger der Boden wird, desto mehr werden die Spundwände auch zur Verminderung des Auftriebes beitragen, vorausgesetzt, dafs sie wasserdicht sind und die Betonsohle dicht an dieselben anschliefst, denn je feiner das Korn des Bodens ist, desto mehr Einflufs gewinnt die durch die Spundwände herbeigeführte Verlängerung des Weges, welchen das drückende Wasser unter die Spundwand hindurch zur Betonsohle zurückzulegen hat, auf die Gröfse der Druckhöhe bezw. den Coefficienten ε.

Die in Vorstehendem mitgetheilten Versuche zur Ermittlung des Coefficienten α sind zwar mit möglichster Sorgfalt angestellt, aber leider war es mir nicht vergönnt, mit so vorzüglichen Hülfsmitteln zu arbeiten, wie solche Seelheim zu Gebote standen, da ich mir alles Erforderliche selber beschaffen mufste. Die Ergebnisse meiner Untersuchung erscheinen daher im Vergleiche mit denen der Seelheimschen nur dürftig. Immerhin gewährten sie mir eine gewisse Befriedigung, weil ich meine aus vorhergegangenen allgemeinen Erwägungen entstandene Ansicht bestätigt fand. Das Gesetz genauer zu ermitteln, mufs ich einer späteren, günstigeren Zeit überlassen. Auch würde ich meinen Zweck schon für erreicht halten, wenn eine berufenere Kraft, der zugleich bessere Hülfsmittel zu Gebote stehen, durch meine Arbeit angeregt, diesen Gegenstand aufnehmen wollte, um die bisher ungelöste, für die Ingenieurwissenschaft entschieden wichtige Frage über die Gröfse des Wasserdruckes im Boden zu einem befriedigenden Abschlusse zu bringen.

Berlin, im Sommer 1885. L. Brennecke.

Ermittlung von Futtermauerquerschnitten mit gebogener oder gebrochener vorderer Begrenzungslinie.

Sind Futtermauerquerschnitte mit geradlinig gebrochener oder gebogener vorderer Begrenzungslinie im gegebenen Falle zulässig, so erhält man einen zweckentsprechenden Querschnitt, wenn man denselben nach der Form der Stützlinie gestaltet und zwar so, dafs letztere im inneren Drittel des Querschnittes verläuft.

Durch eine solche Wahl desselben wird einerseits eine nicht unerhebliche Materialersparnifs bei günstigster Ausnutzung des Materiales ermöglicht und andererseits der Baugrund am geringsten beansprucht.

Es soll nun im Nachstehenden versucht werden, durch Rechnung einen Querschnitt zu ermitteln, der den gestellten Anforderungen entspricht.

Denkt man sich für die äufsere Begrenzung des Futtermauerquerschnittes zunächst einen Parabelast und nimmt die innere, gegen das Erdreich gerichtete Begrenzung lothrecht an, so erhält man unter der Voraussetzung, dafs die Stützlinie aus dem inneren Drittel des Querschnittes nicht heraustreten soll,

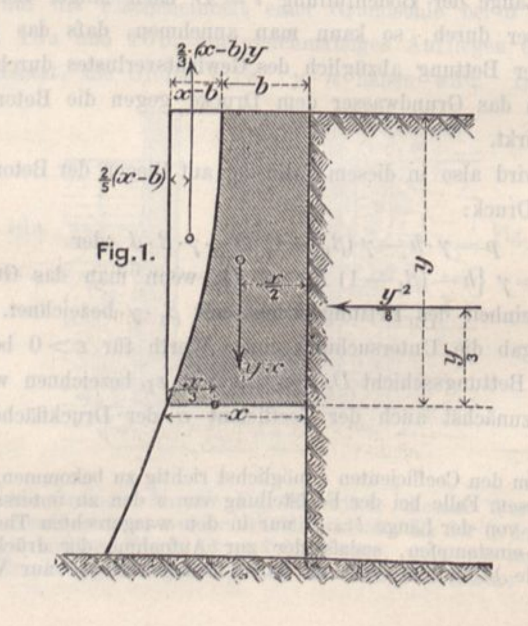


Fig. 1.

einen Punkt der äufseren Begrenzungslinie mit Bezug auf Fig. 1 aus der Momentengleichung

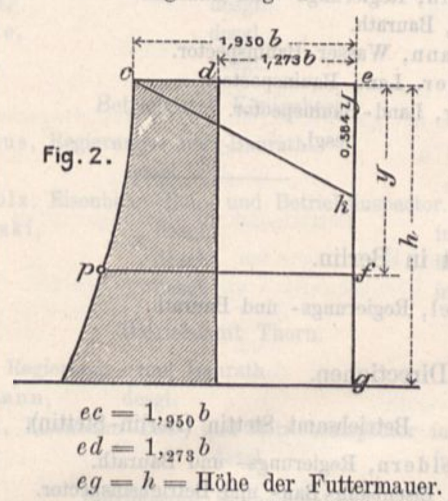
$$\frac{x^2 \cdot y}{6} + \frac{2}{3}(x-b) \cdot y \left[\frac{x}{3} - \frac{2}{5}(x-b)\right] - \frac{y^3}{24} = 0.$$

Löst man vorstehende Gleichung für x auf, so ergiebt sich:

$$x + 1{,}_{273}\, b = \sqrt{(1{,}_{950}\, b)^2 + (0{,}_{584}\, y)^2} \quad . \; . \; . \; . \quad \text{I.}$$

Mit Hülfe dieser Gleichung läfst sich die äufsere Begrenzungslinie in einfacher Weise durch Zeichnen ermitteln.

Man mache mit Bezug auf Fig. 2



$ec = 1{,}_{950}\, b$

$ed = 1{,}_{273}\, b$

$eg = h =$ Höhe der Futtermauer.

Für eine im Abstande y von der Krone der Futtermauer liegende Fuge erhält man dann den Punkt p der äufseren Begrenzungslinie, wenn man auf der Senkrechten eg von e aus die Gröfse $ek = 0{,}_{584}\, y$ anträgt und ck gleich fp macht.

In der angegebenen Weise lassen sich für beliebige Fugen Punkte der äufseren Bewegungslinie rechnerisch ermitteln, sobald für die Gröfse b ein bestimmter Werth angenommen wird.

Zu practisch brauchbaren Ergebnissen wird man kommen, wenn man setzt:

$$b = 0{,}_{6} + 0{,}_{15}\, h. \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad \text{II.}$$

Beispiel.

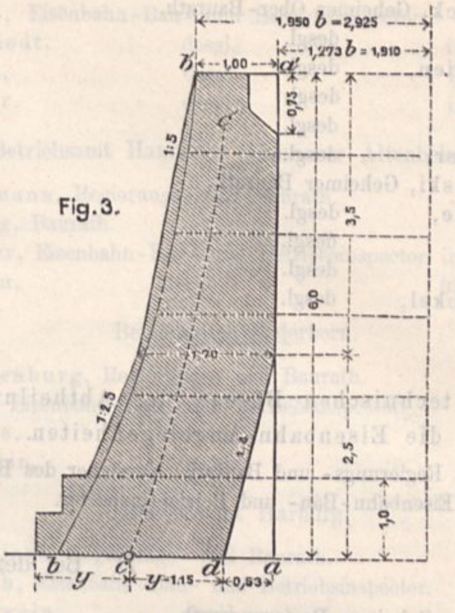
Für eine Futtermauer von 6 m Höhe soll der Querschnitt ermittelt werden.

Nach der Formel II erhält man:

$b = 0{,}_{6} + 0{,}_{15} \cdot 6 = 1{,}_{500}$

Somit ist $1{,}_{950}\, b = 2{,}_{925}$

$1{,}_{273}\, b = 1{,}_{910}$.



Zeichnet man nun in der angegebenen Weise die äufsere Begrenzungslinie, so erhält man den in Fig. 3 dargestellten Querschnitt $aba'b'$. Für denselben würde die Stützlinie die Sohle in einem Punkte c schneiden, der um $1/3$ der Sohlenbreite ab von der äufseren Begrenzungslinie entfernt liegt.

Man wird nun die letztere der Curve entsprechend umformen und dabei die Rückfläche, wie in Fig. 3 angegeben, so unterschneiden, dafs der Punkt c möglichst durch die Mitte von bd geht.

Die Fundamentbreite wird man nun zweckmässig zu $2y$ wählen, wenn y den Abstand der Stützlinie an der Sohle von der inneren Begrenzungslinie des umgeformten Querschnittes bedeutet.

Die in Fig. 3 punktirte Stützlinie cc' entspricht dem graphisch ermittelten Querschnitte $aa'bb'$; sie liegt um ein Drittel der Fugenbreiten von der vorderen gebogenen Begrenzungslinie entfernt.

Die dem umgeformten Querschnitte entsprechende Stützlinie kann aus den von dem Unterzeichneten veröffentlichten Formeln in der Zeitschrift für Bauwesen, Jahrgang 1884 Heft I—III, berechnet werden, weicht aber nur unwesentlich von der in Fig. 3 punktirten Stützlinie ab.

Magdeburg, im März 1885. L. Dyrfsen.

Verzeichnifs der im Preufsischen Staate und bei Behörden des Deutschen Reiches angestellten Baubeamten.

(Am 1. December 1885.)

I. Im Ressort des Ministeriums der öffentlichen Arbeiten.

Verwaltung der Eisenbahn-Angelegenheiten und des Land- und Wasser-Bauwesens.

A. Bei Central-Behörden.

Beim Ministerium.

Hr. Schneider, Ober-Bau- und Ministerial-Director der technischen Abtheilung für die Staats-Eisenbahnen.

a) Vortragende Räthe.

Hr. Schönfelder, Ober-Baudirector.
- Herrmann, desgl.

Hr. Grund, Geheimer Ober-Baurath.
- Siegert, desgl.
- Gercke, desgl.
- Schwedler, desgl.
- Baensch, desgl.
- Franz, desgl.
- Dieckhoff, desgl.
- Wiebe, desgl.

Hr. Oberbeck, Geheimer Ober-Baurath.
- Hagen, desgl.
- Grüttefien, desgl.
- Adler, desgl.
- Küll, desgl.
- Schröder, desgl.
- Kozlowski, Geheimer Baurath.
- Stambke, desgl.
- Endell, desgl.
- Nath, desgl.
- Jungnickel, desgl.

b) Im technischen Büreau der Abtheilung für die Eisenbahn-Angelegenheiten.

Hr. Ehlert, Regierungs- und Baurath, Vorsteher des Büreaus.
- Claus, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.

Hr. Huntemüller, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Fritze, desgl.
- Thelen, desgl.

c) Im technischen Büreau der Abtheilung für das Bauwesen.

Hr. von Tiedemann, Regierungs- und Baurath, Vorsteher des Büreaus.
- Sarrazin, Regierungs- und Baurath.
- Thiele, Baurath.
- Volkmann, Wasser-Bauinspector.
- Boettger, Land-Bauinspector.
- Ditmar, Land-Bauinspector.
- Peltz, desgl.

B. Bei dem Eisenbahn-Commissariat in Berlin.

Hr. Bensen, Geheimer Regierungsrath.

Hr. Koschel, Regierungs- und Baurath.

C. Bei den Königlichen Eisenbahn-Directionen.

1. Eisenbahn-Direction in Berlin.

Hr. Wex, Präsident.
- Krancke, Ober-Baurath, Abtheilungs-Dirigent.
- Jädicke, Geheimer Regierungsrath, Mitglied der Direction.
- Rock, Regierungs- und Baurath, desgl.
- Bachmann, desgl. desgl.
- Sattig, Regierungs- und Baurath.
- Haafsengier, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Gantzer, desgl. in Greiffenberg.

Betriebsamt Berlin (Berlin-Sommerfeld).

Hr. von Schütz, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Nowack, desgl.
- Roth, desgl. in Frankfurt a/O.
- Mehrtens, desgl. desgl.

Betriebsamt Berlin (Stadt- u. Ringbahn).

Hr. Taeger, Regierungs- und Baurath.
- Housselle, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Blanck, desgl.
- Grapow, desgl.

Betriebsamt Stralsund.

Hr. Klose, Regierungs- und Baurath.
- Michaelis, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Goos, desgl.
- Schröder, desgl. in Berlin.

Betriebsamt Breslau (Breslau-Sommerfeld).

Hr. Schulze, Regierungs- und Baurath.
- Bartels, desgl.
- Rebentisch, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Grofse, desgl. in Liegnitz.
- Vogel, desgl. in Sorau.

Betriebsamt Breslau (Breslau-Halbstadt).

Hr. Monscheuer, Regierungs- und Baurath.
- Löhr, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Sartig, desgl. in Liegnitz.

Betriebsamt Görlitz.

Hr. Garcke, Regierungs- und Baurath.
- Wollanke, Baurath.
- Cramer, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector in Hirschberg.
- Bothe, desgl. in Glatz.

Betriebsamt Stettin (Berlin-Stettin).

Hr. von Geldern, Regierungs- und Baurath.
- Wilde, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Brennhausen, desgl.
- Wiegand, desgl. in Freienwalde.
- Koch, desgl. in Berlin.

Betriebsamt Stettin (Stettin-Stralsund).

Hr. Lademann, Regierungs- und Baurath.
- Wolff, Baurath.
- Lüken, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Bansen, desgl.
- Lorentz, desgl. in Greifswald.

Betriebsamt Berlin (Berlin-Dresden).

Hr. Fischer, Regierungs- und Baurath.

Betriebsamt Cottbus.

Hr. Wagemann, Regierungs- und Baurath.
- Sprenger, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Treibich, desgl.
- Melzenbach, desgl. in Berlin.

Betriebsamt Guben.

Hr. Büttner, Regierungs- und Baurath.
- Jacobi, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector in Posen.

2. Eisenbahn-Direction in Bromberg.

Hr. Schmeitzer, Ober-Baurath, Abtheilungs-Dirigent.
- Suche, Regierungs- und Baurath, Mitglied der Direction.
- Giese, desgl. desgl.
- Baumert, desgl. desgl.
- Bauer, desgl. desgl.
- Reuter, Regierungs- und Baurath.
- Bachmann, desgl.
- Niemann, Baurath.
- Rohrmann, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Doepke, desgl.
- Hartmann, desgl.

Betriebsamt Berlin.

Hr. Rasch, Regierungs- und Baurath.
- Magnus, Baurath.
- Hoffmann, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Röhner, desgl. in Cüstrin.
- Stuertz, desgl. in Landsberg.

Betriebsamt Bromberg.

Hr. Blumberg, Regierungs- und Baurath.
- Naud, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Doerenberger, desgl.
- Storbeck, desgl. in Graudenz.

Betriebsamt Danzig.

Hr. Wolff, Regierungs- und Baurath.
- Darup, desgl.
- Multhaupt, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Braune, desgl. in Elbing.
- Francke, desgl. in Dirschau.
- Oertel, desgl. in Elbing.

Betriebsamt Königsberg.

Hr. Rupertus, Regierungs- und Baurath.
- Sperl, desgl.
- Buchholz, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Massalski, desgl. in Tilsit
- Sonne, desgl. in Insterburg.
- Dunaj, desgl. in Lyck.

Betriebsamt Thorn.

Hr. Grillo, Regierungs- und Baurath.
- Grofsmann, desgl.
- Boysen, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector in Graudenz.
- Paffen, desgl. in Osterode.

Betriebsamt Schneidemühl.

Hr. Vieregge, Regierungs- und Baurath.
- Balthasar, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Sauer, desgl.
- Kiene, desgl. in Conitz.

Betriebsamt Stettin.

Hr. Abraham, Regierungs- und Baurath.
- Mohr, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Schnebel, desgl. in Stargard.
- Schwarz, desgl. in Cöslin.
- Ritter, desgl. in Stolp.

Betriebsamt Stolp.

Hr. Nahrath, Regierungs- und Baurath.
- Schultz, desgl.
- Siehr, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector in Neustettin.
- Lincke, desgl. daselbst.

Betriebsamt Allenstein.

Hr. Reps, Regierungs- und Baurath.
- Schwamborn, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Fuchs, desgl.
- Tacke, desgl. in Insterburg.

Betriebsamt Posen.

Hr. Kricheldorff, Regierungs- und Baurath.
- Frankenfeld, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Prins, desgl. in Inowrazlaw.

3. Eisenbahn-Direction in Hannover.

Hr. Durlach, Ober-Bau- und Geheimer Regierungsrath, Abtheilungs-Dirigent.
- Früh, Geheimer Regierungsrath, Mitglied der Direction.
- Rampoldt, Regierungs- und Baurath, desgl.
- Busse, desgl. desgl.
- Leuchtenberg, Regierungs- und Baurath.
- Hellwig, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- du Plat, desgl.
- Schwering, desgl.

Betriebsamt Hannover (Hannover-Rheine).

Hr. Knoche, Regierungs- und Baurath.
- Fischer, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.

Hr. Maret, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Schmiedt, desgl. in Minden.
- Arndt, desgl. in Osnabrück.
- Müller, desgl. in Hamm.

Betriebsamt Hannover (Hannover-Altenbeken).

Hr. Beckmann, Regierungs- und Baurath.
- Göring, Baurath.
- Lueder, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector in Hildesheim.
- Rieken, desgl. in Hameln.

Betriebsamt Paderborn.

Hr. Schulenburg, Regierungs- und Baurath.
- Koch, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- George, desgl.
- Sarrazin, desgl.

Betriebsamt Harburg.

Hr. Melchiors, Regierungs- und Baurath.
- Lobach, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Sauerwein, desgl.
- Ellenberger, desgl. in Uelzen.

Betriebsamt Cassel (Hannover-Cassel).

Hr. Dato, Regierungs- und Baurath.
- Sobeczko, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Reusing, desgl.
- Herzog, desgl. in Hannover.

Betriebsamt Cassel (Main-Weser-Bahn).

Hr. Uthemann, Regierungs- und Baurath.
- Werres, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Beckmann, desgl.
- Heyl, Baurath, in Frankfurt a/M.
- Israel, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector in Marburg.

Betriebsamt Bremen.

Hr. Scheuch, Baurath.
- Horwicz, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Baehrecke, desgl.
- Wiesner, desgl.

4. Eisenbahn-Direction in Frankfurt a/M.

Hr. Vogel, Ober-Baurath, Abtheilungs-Dirigent.
- Behrend, Regierungs- und Baurath, Mitglied der Direction.
- Hasse, desgl. desgl.
- Hottenrott, Regierungs- und Baurath.
- Kirsten, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Velde, desgl.
- König, desgl.
- Dr. Mecklenburg, desgl.
- Hanke, desgl.
- Becker, desgl.

Betriebsamt Frankfurt a/M.

Hr. Porsch, Regierungs- und Baurath.
- Schmidt, desgl.
- Schmitz, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Wolff, desgl.
- Bücking, desgl. in Fulda.
- Liegel, desgl. in Göttingen.

Betriebsamt Nordhausen.

Hr. Ballauff, Regierungs- und Baurath.
- Richter, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Gudden, desgl.
- Franke, desgl.
- Bischof, desgl. in Eschwege.
- Busse, desgl. in Halle.

Betriebsamt Wiesbaden.

Hr. Hilf, Geheimer Regierungsrath.
- Usener, Baurath.
- Wagner, desgl.
- Zickler, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Alken, desgl.
- Böhme, desgl. in Limburg.

Betriebsamt Berlin.

Hr. Stock, Regierungs- und Baurath.
- Ritter, Baurath.
- Richard, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Schmidt, desgl. in Hettstedt.

5. Eisenbahn-Direction in Magdeburg.

Hr. Loeffler, Präsident.
- Spielhagen, Ober-Bau- und Geheimer Regierungsrath, Abtheilungs-Dirigent.
- Hardt, Regierungs- und Baurath, Mitglied der Direction.
- Schubert, desgl. desgl.
- Skalweit, desgl. desgl.
- Neitzke, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Eggert, desgl.
- Crüger, desgl.

Betriebsamt Berlin (Berlin-Lehrte).

Hr. Illing, Regierungs- und Baurath.
- Masberg, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Kolle, desgl.
- Neuenfeldt, desgl. in Stendal.

Betriebsamt Berlin (Berlin-Magdeburg).

Hr. Schneider, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Beil, desgl.
- Mackenthun, desgl.
- Schucht, Baurath in Brandenburg.

Betriebsamt Magdeburg (Wittenberge-Leipzig).

Hr. Urban, Regierungs- und Baurath.
- Knebel, desgl.
- Kern, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Bode, desgl.
- Müller, desgl.
- Mackensen, desgl.
- Nitschmann, desgl. in Halle.

Betriebsamt Magdeburg (Magdeburg-Halberstadt).

Hr. Ruttkowski, Regierungs- und Baurath.
- Schwedler, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Schlemm, desgl.
- Schmidt, desgl.
- Seliger, desgl. in Sangerhausen.

Betriebsamt Halberstadt.

Hr. Theune, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Schunck desgl.

6. Eisenbahn-Direction in Cöln (linksrheinisch).

Hr. Lohse, Ober-Bau- und Geheimer Regierungsrath, Abtheilungs-Dirigent.
- Dircksen, desgl.
- Rüppell, Regierungs- und Baurath, Mitglied der Direction.
- von Gabain, desgl. desgl.
- Jüttner, Regierungs- und Baurath.
- Gehlen, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Semler, desgl.
- Schürmann, desgl.

Betriebsamt Trier.

Hr. de Nerée, Regierungs- und Baurath.
- Wiegand, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Blum, desgl.
- Bayer, Baurath, in Coblenz.

Betriebsamt Coblenz.

Hr. Altenloh, Regierungs- und Baurath.
- Wachenfeld, Baurath.
- Schreinert, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Viereck, desgl. in Bonn.

Betriebsamt Cöln (linksrheinisch).

Hr. Dieckmann, Regierungs- und Baurath.
- Schaefer, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Rennen, desgl.
- Westphal, desgl. in Euskirchen.

Betriebsamt Crefeld.

Hr. Siecke, Regierungs- und Baurath.
- v. d. Sandt, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Homburg, desgl.
- Hagen, desgl. in Cleve.

Betriebsamt Saarbrücken.

Hr. Bormann, Regierungs- und Baurath.
- Usener, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Loycke, desgl.
- Könen, desgl.
- Daub, desgl.
- Zeh, Baurath in Creuznach.

Betriebsamt Aachen.

Hr. Dulk, Regierungs- und Baurath.
- Hentsch, desgl.
- Rücker, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Rettberg, desgl.
- Berthold, desgl. in M.-Gladbach.

7. Eisenbahn-Direction in Cöln (rechtsrheinisch).

Hr. Funk, Ober-Bau- und Geheimer Regierungsrath, Abtheilungs-Dirigent.
- Grapow, Geheimer Regierungsrath, Mitglied der Direction.
- Schilling, Regierungs- und Baurath, desgl.
- Bessert-Nettelbeck, desgl. desgl.
- Meifsner, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Kluge, desgl.
- Altstädt, desgl. in Siegburg.
- Seeliger, desgl. in Duisburg.

Betriebsamt Münster (Münster-Emden).

Hr. Bramer, Regierungs-und Baurath.
- Haarbeck, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Arndts, desgl.
- Höbel, desgl.
- Vofs, Baurath. in Emden.
- Herold, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector in Norden.

Betriebsamt Münster (Wanne-Bremen).

Hr. van den Bergh, Regierungs- und Baurath.
- von Flotow, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Frederking, desgl. in Osnabrück.

Betriebsamt Dortmund.

Hr. Zillefsen, Regierungs- und Baurath.
- Janssen, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Caspar, desgl.
- Stölting, desgl. in Hamm.

Betriebsamt Essen.

Hr. Grünhagen, Regierungs- und Baurath.
- Fufshöller, Baurath.
- Pilger, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Bönisch, desgl.
- Koch, desgl.
- Vollrath, desgl.
- Goldkuhle, desgl.

Betriebsamt Düsseldorf.

Hr. Ruland, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Totz, desgl.
- Staggemeyer, desgl.
- Meisel, desgl. in Wesel.

Betriebsamt Wesel.

Hr. Ruchholz, Regierungs- und Baurath.
- Heis, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Wollanke, desgl.
- Schmidt, desgl. in Burgsteinfurt.

Betriebsamt Cöln.

Hr. Böttcher, Regierungs- und Baurath.
- Paul, desgl.
- Thomsen, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector in Wetzlar.

Betriebsamt Neuwied.

Hr. Menne, Regierungs- und Baurath.
- Lange, desgl.
- Richter, Baurath.
- Hövel, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Mackensen, desgl.

8. Eisenbahn-Direction in Elberfeld.

Hr. Brandhoff, Ober-Bau- und Geheimer Regierungsrath, Abtheilungs-Dirigent.
- Quensell, Regierungs- und Baurath, Mitglied der Direction.
- Mechelen, desgl. desgl.
- Lex, desgl. desgl.
- Delmes, Regierungs- und Baurath.
- Küster, Baurath.
- Fischbach, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Clausnitzer, desgl.
- Ott, desgl.
- Rofskothen, desgl. in Düsseldorf.
- Schachert, desgl. in Deutz.

Betriebsamt Düsseldorf.

Hr. Hassenkamp, Regierungs- und Baurath.
- Siewert, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Brewitt, desgl.
- Brökelmann, desgl.
- Allmenröder, desgl. in Elberfeld.
- von den Bercken, desgl. in Lennep.

Betriebsamt Essen.

Hr. Janssen, Regierungs- und Baurath.
- Kottenhoff, desgl.
- Berendt, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Awater, desgl.
- Hefse, desgl.
- Schwartz, desgl. in Dortmund.

Betriebsamt Cassel.

Hr. Tobien, Regierungs- und Baurath.
- Seick, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Hahn, desgl. in Warburg.
- Ehrenberg, desgl. in Arnsberg.

Betriebsamt Altena.

Hr. Otto, Regierungs- und Baurath.
- Rump, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Werner, desgl.
- Philippi, desgl. in Siegen.

Betriebsamt Hagen.

Hr. Buchholtz, Regierungs- und Baurath.
- Schmidts, desgl.
- Bechtel, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Bartels, desgl.
- Eversheim, desgl.

9. Eisenbahn-Direction in Erfurt.

Hr. Quassowski, Ober-Bau- und Geheimer Regierungsrath, Abtheilungs-Dirigent.
- Messow, Regierungs- und Baurath.
- Wiedenfeld, desgl.
- Textor, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Kistenmacher, desgl.
- Kiepenheuer, desgl.
- Kuhlmann, desgl. in Eichicht.

Betriebsamt Cassel.

Hr. Hinüber, Regierungs- und Baurath.
- Kahle, desgl.
- Hinrichs, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.

Betriebsamt Erfurt.

Hr. Schwarzenberg, Baurath.
- Claudius, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Schwedler, desgl.
- Höft, desgl. in Arnstadt.

Betriebsamt Weifsenfels.

Hr. Lütteken, Regierungs- und Baurath.
- Wenderoth, Baurath.
- Zinkeisen, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector in Leipzig.

Betriebsamt Berlin.

Hr. Dr. zur Nieden, Regierungs- und Baurath.
- Lanzendörffer, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Rohbein, desgl.
- Clemens, Baurath in Wittenberg.
- Gestewitz, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector in Leipzig

Betriebsamt Dessau.

Hr. Murray, Regierungs- und Baurath.
- Bollmann, Baurath.
- Zeyfs, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Fischer, desgl.
- König, desgl. in Hoyerswerda.

Betriebsamt Halle a/S.

Hr. Kessel, Regierungs- und Baurath.
- Wessel, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.

10. Eisenbahn-Direction in Breslau.

Hr. Grotefend, Ober-Bau- und Geheimer Regierungsrath, Abtheilungs-Dirigent.
- Schwabe, Geheimer Regierungsrath, Mitglied der Direction.
- Plathner, desgl. desgl.
- Schmitt, Regierungs- und Baurath, desgl.
- Bender, desgl. desgl.
- Mentzel, Regierungs- und Baurath.
- Piosseck, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.

Betriebsamt Breslau (Brieg-Posen).

Hr. Jordan, Regierungs- und Baurath.
- Gabriel, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Doulin, desgl.
- Büscher, desgl. in Lissa.

Betriebsamt Breslau (Breslau-Tarnowitz).

Hr. Naumann, Regierungs- und Baurath.
- Seydler, Baurath.
- Stratemeyer, desgl.
- Fuhrberg, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector in Tarnowitz.

Betriebsamt Breslau (Breslau-Stettin).

Hr. Gutmann, Regierungs- und Baurath.
- Sellin, Baurath.
- Reimer, desgl. in Stettin.
- Fein, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector in Grünberg.

Betriebsamt Oppeln.

Hr. Wernich, Regierungs- und Baurath.
- Schaper, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Heinrich, desgl.

Betriebsamt Glogau.

Hr. Rintelen, Regierungs- und Baurath.
- Beyer, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.

Betriebsamt Kattowitz.

Hr. Steegmann, Regierungs- und Baurath.
- Neumann, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Kolszewski, desgl.
- Brauer, desgl.
- Krackow, desgl. in Beuthen.

Betriebsamt Ratibor.

Hr. Schröder, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Urban, desgl.

Betriebsamt Posen.

Hr. Pauly, Regierungs- und Baurath.
- Buddenberg, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Goepel, desgl.
- Thewalt, desgl.
- Mappes, desgl. in Ostrowo.

Betriebsamt Neifse.

Hr. Taeglichsbeck, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Müller, desgl.
- Glünder, Baurath in Glatz.
- Gottstein, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector in Strehlen.

11. Eisenbahn-Direction in Altona.

Hr. Tellkampf, Ober-Bau- und Geheimer Regierungsrath, Abtheilungs-Dirigent.
- Wegener, Eisenbahn-Director, Mitglied der Direction.
- Krause, Regierungs- und Baurath, desgl.
- Haafs, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Hesse, desgl.

Betriebsamt Berlin.

Hr. Eilert, Regierungs- und Baurath.
- Schneider, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Kühnert, desgl. in Wittenberge.

Betriebsamt Hamburg.

Hr. Eckolt, Baurath.
- Jungbecker, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Kärger, desgl.

Betriebsamt Kiel.

Hr. Müller, Regierungs- und Baurath.
- Ullrich, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Schmidt, desgl.

Betriebsamt Flensburg.

Hr. Petersen, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Caesar, desgl.

12. Direction der Braunschweigischen Eisenbahn.

Hr. Menadier, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector.
- Sternke, desgl.
- Steigertahl, desgl.
- Peters, desgl. in Seesen.

D. Bei Provinzial-Verwaltungs-Behörden.

1. Regierung in Königsberg in Pr.

Hr. Zastrau, Regierungs- und Baurath in Königsberg.
- Natus, desgl. daselbst.
- Hellwig, Bauinspector, comm. Regierungs- und Baurath daselbst.
- Schmarsow, Kreis-Bauinspector in Neidenburg.
- Dempwolff, Hafen-Bauinspector in Memel.
- Leiter, Wasser-Bauinspector in Zölp bei Maldeuten O/Pr.
- Friedrich, Baurath, Kreis-Bauinspector in Braunsberg.
- Ihne, desgl. in Königsberg (Ldkr. Fischhsn).
- Cartellieri, Baurath, desgl. in Allenstein.
- Kaske, Baurath, desgl. in Bartenstein.
- Schütte, Baurath, desgl. in Rastenburg.
- Steinbick, Wasser-Bauinspector in Tapiau.
- Siebert, Kreis-Bauinspector in Königsberg (Stadtkreis I).
- Ossent, desgl. in Ortelsburg.
- Meyer, Baurath, desgl. in Memel.
- Funck, desgl. in Königsberg (Ldkr. Eylau).
- Rauch, desgl. in Königsberg (Landkreis).
- Hoehne, desgl. in Rössel.
- Bessel-Lorck, Land-Bauinspector, (technischer Hülfsarbeiter) in Königsberg.
- Fuchs, Kreis-Bauinspector in Mohrungen.
- Gibelius, desgl. in Osterode O/Pr.
- Dapper, desgl. in Labiau.
- Mende, desgl. in Wehlau.
- Schierhorn, Hafen-Bauinspector in Pillau.
- vom Dahl, Bauinspector, (techn. Hülfsarbeiter) in Königsberg.
- Tieffenbach, comm. Kreis-Bauinspector in Königsberg (Stadtkreis II).

2. Regierung in Gumbinnen.

Hr. Loenartz, Regierungs- und Baurath in Gumbinnen.
- Freund, desgl. daselbst.
- Siehr, Baurath, Kreis-Bauinspector in Insterburg.

Hr. Kapitzke, Baurath, Kreis-Bauinspector in Tilsit.
- Schlichting, Wasser-Bauinspector daselbst.
- Dannenberg, Baurath, Kreis-Bauinspector in Lyck.
- Büttner, desgl. in Lötzen.
- Ziolecki, desgl. in Johannisburg.
- Engisch, desgl. in Ragnit.
- Blankenburg, desgl. in Gumbinnen.
- Kellner, desgl. in Kaukehmen.
- Schoetensack, Wasser-Bauinspector in Kuckerneese.
- Bluhm, Kreis-Bauinspector in Pillkallen.
- Niermann, desgl. in Goldap.
- Happe, desgl. in Stallupönen.
- Hillenkamp, Bauinspector (techn. Hülfsarbeiter) in Gumbinnen.
- Marggraff, Kreis-Bauinspector in Angerburg.
- Scheurmann, desgl. in Sensburg.

3. Ober-Präsidium (Weichselstrom-Bauverwaltung) in Danzig.

Hr. Kozlowski, Regierungs- und Baurath, Strom-Baudirector in Danzig.
- Degner, Baurath, Wasser-Bauinspector in Danzig.
- Kischke, desgl. desgl. in Elbing.
- Barnick, desgl. desgl. in Marienwerder.
- Bauer, Wasser-Bauinspector in Culm.
- Görz, Wasser-Bauinspector und Stellvertreter des Strom-Baudirectors in Danzig.

4. Regierung in Danzig.

Hr. Ehrhardt, Regierungs- und Baurath in Danzig.
- Lorck, desgl. daselbst.
- von Schon, Baurath, Kreis-Bauinspector in Danzig.
- Passarge, desgl. desgl. in Elbing.
- Dittmar, Kreis-Bauinspector in Marienburg.
- Mebus, desgl. in Pr. Stargard.

Hr. Beckershaus, Kreis-Bauinspector in Carthaus.
- Habermann, Bauinspector (techn. Hülfsarbeiter) in Danzig.
- Kummer, Hafen-Bauinspector in Neufahrwasser.
- Mau, Kreis-Bauinspector in Berent.
- Michaelsen, comm. desgl. in Neustadt W/Pr..

5. Regierung in Marienwerder.

Hr. Schmidt, Regierungs- und Baurath in Marienwerder.
- Weber, desgl. daselbst.
- Hacker, Kreis-Bauinspector in Marienwerder.
- Schmundt, Baurath, Kreis-Bauinspector in Graudenz.
- Elsafser, Baurath, Kreis-Bauinspector in Strasburg W/Pr.
- Engelhardt, Kreis-Bauinspector in Dt. Crone.
- Otto, desgl. in Conitz.
- Dollenmaier, desgl. in Dt. Eylau.
- Klopsch, desgl. in Thorn.
- Schaupensteiner, Kreis-Bauinspector in Schlochau.
- Wilcke, desgl. in Flatow.
- Bickmann, desgl. in Schwetz.
- Posern, Bauinspector (techn. Hülfsarbeiter) in Marienwerder.

6. Ministerial-Bau-Commission in Berlin.

Hr. Keller, Regierungs- u. Baurath.
- Emmerich, desgl.
- Haesecke, Bauinspector,
- Röhnisch, desgl.
- Spitta, desgl.
- Schulze, desgl.
- Werner, Wasser-Bauinspector.
- Klutmann, Bauinspector.
- Ertmann, Wasser-Bauinspector.
- Saal, Land-Bauinspector } technische
- Gerhardt, Wasser-Bauinspector } Hülfsarbeiter.
- N. N., Bauinspector.

7. Polizei-Präsidium in Berlin.

Hr. Lange, Regierungs- und Baurath in Berlin.
- Lefshafft, desgl. daselbst.
- Badstübner, Baurath, Bauinspector daselbst.
- Soenderop, Baurath, desgl. daselbst.
- von Stückradt, desgl. daselbst.
- Krause, Baurath, desgl. daselbst.
- Tiemann, desgl. daselbst.
- Runge, desgl. in Charlottenburg.
- Launer, desgl. in Berlin.
- Froebel, desgl. daselbst.

8. Regierung in Potsdam.

Hr. Weishaupt, Geheimer Regierungsrath in Potsdam.
- Dieckhoff, Regierungs- u. Baurath daselbst.
- Lorenz, desgl. daselbst.
- Süfsmann, Baurath, Kreis-Bauinspector in Wittstock.
- Rotmann, Baurath, desgl. in Prenzlau.
- Koppen, desgl. in Berlin.
- Blaurock, Baurath, desgl. in Angermünde.
- Düsterhaupt, Baurath, desgl. in Freienwalde a/O.
- Schuke, Baurath, Wasser-Bauinspector in Rathenow.
- Thiem, Wasser-Bauinspector in Eberswalde.
- Köhler, Baurath, Kreis-Bauinspector in Brandenburg a/H.
- Schönrock, desgl. in Berlin.
- Gette, desgl. in Potsdam.
- Brunner, Baurath, desgl. in Neu-Ruppin.
- Mohr, Wasser-Bauinspector in Thiergartenschleuse bei Oranienbg.
- Domeier, Kreis-Bauinspector in Beeskow.
- Reinckens, desgl. in Jüterbog.
- Bohl, Baurath, desgl. in Berlin.
- von Lancizolle, desgl. in Nauen.
- Toebe, desgl. in Perleberg.

Hr. Wiesel, Wasser-Bauinspector in Zehdenick.
- Müller, Karl, desgl. in Potsdam.
- Tolkmitt, desgl. (techn. Hülfsarbeiter) in Potsdam.
- Prentzel, Kreis-Bauinspector in Templin.
- Krüger, Land-Bauinspector (techn. Hülfsarbeiter) in Potsdam.

9. Regierung in Frankfurt a/O.

Hr. Schack, Regierungs- und Baurath in Frankfurt a/O.
- von Morstein, Regierungs- und Baurath daselbst.
- Pollack, Baurath, Kreis-Bauinspector in Sorau.
- Treuhaupt, Baurath, Wasser-Bauinspector in Landsberg a/W.
- Petersen, Baurath, Kreis-Bauinspector deselbst.
- Giebe, Baurath, desgl. in Friedeberg N.-M.
- Frick, Baurath, desgl. in Cottbus.
- Müller, Louis, Baurath, desgl. in Arnswalde.
- Ruttkowski, desgl. in Königsberg N.-M.
- Stengel, Wasser-Bauinspector in Fürstenwalde.
- Müller, August, Kreis-Bauinspector in Guben.
- Linker, desgl. in Züllichau.
- Bertuch, desgl. in Frankfurt a/O.
- von Niederstetter, Land-Bauinspector (techn. Hülfsarbeiter) in Frankfurt a/O.
- Bastian, Kreis-Bauinspector in Zielenzig.
- Lipschitz, desgl. in Luckau.
- Reiche, Bauinspector (techn. Hülfsarbeiter) in Frankfurt a/O.

10. Regierung in Stettin.

Hr. Dresel, Regierungs- und Baurath in Stettin.
- Steinbrück, desgl. daselbst.
- Thömer, Baurath, Kreis-Bauinspector in Stettin.
- Richrath, Baurath, Hafen-Bauinspector in Swinemünde.
- Alberti, Kreis-Bauinspector daselbst.
- Weizmann, desgl. in Greifenhagen.
- Steinbrück, desgl. in Cammin.
- Jacob, desgl. in Demmin.
- Schlepps, desgl. in Greifenberg.
- Balthasar, desgl. in Stargard i/P.
- Mannsdorf, desgl. in Anclam.
- Hermann, Wasser-Bauinspector in Stettin.
- König, Bauinspector (techn. Hülfsarbeiter) in Stettin.
- Johl, Kreis-Bauinspector in Naugard.

11. Regierung in Cöslin.

Hr. Döbbel, Regierungs- und Baurath in Cöslin.
- Benoit, desgl. daselbst.
- Fölsche, Baurath, Kreis-Bauinspector in Belgard.
- Kleefeld, Baurath, desgl. in Neustettin.
- Jaeckel, desgl. in Stolp.
- Backe, desgl. in Dramburg.
- Naumann, desgl. in Cöslin.
- Beutler, desgl. in Schlawe.
- Wurffbain, desgl. in Lauenburg i/P.
- Böttger, Bauinspector (techn. Hülfsarbeiter) in Cöslin.
- Anderson, Hafen-Bauinspector in Colbergermünde.

12. Regierung in Stralsund.

Hr. Wellmann, Regierungs- und Baurath in Stralsund.
- Cramer, Baurath, Kreis-Bauinspector daselbst.
- Siber, Baurath, Wasser-Bauinspector daselbst.
- Barth, Kreis-Bauinspector daselbst.
- Frölich, Baurath, Kreis-Bauinspector in Greifswald.

13. Regierung in Posen.

Hr. Koch, Geheimer Regierungsrath in Posen.
- Albrecht, Regierungs- und Baurath daselbst.
- Schönenberg, Baurath, Kreis-Bauinspector in Poln. Lissa.
- Habermann, Wasser-Bauinspector in Posen.
- Hirt, Kreis-Bauinspector daselbst.
- Wronka, Baurath, Kreis-Bauinspector in Ostrowo.
- Helmcke, Baurath, Kreis-Bauinspector in Meseritz.

Hr. Krone, Kreis-Bauinspector in Birnbaum.
- Volkmann, desgl. in Obornik.
- Stocks, desgl. in Samter.
- de Groote, desgl. in Wollstein.
- Grafsmann, desgl. in Rawitsch.
- Schulz, Joh., Wasser-Bauinspector (techn. Hülfsarbeiter) in Posen.
- Spanke, Kreis-Bauinspector in Krotoschin.
- Schulz, Paul, desgl. in Wreschen.
- Hauptner, desgl. in Schrimm.

14. Regierung in Bromberg.

Hr. Reichert, Regierungs- und Baurath in Bromberg.
- Michaelis, desgl. daselbst.
- Herschenz, Baurath, Kreis-Bauinspector in Gnesen.
- Sell, Wasser-Bauinspector in Bromberg.
- Graeve, Baurath, Kreis-Bauinspector in Czarnikau.
- Striewski, desgl. in Wongrowitz.
- Küntzel, Baurath, desgl. in Inowraclaw.
- Heinrich, desgl. in Mogilno.
- Bauer, desgl. in Nakel.
- Muttray, desgl. in Bromberg.
- Eckhardt, desgl. in Schubin.
- Wichgraf, Bauinspector (techn. Hülfsarbeiter) in Bromberg.

15. Oberpräsidium (Oderstrom-Bauverwaltung) in Breslau.

Hr. Bader, Geheimer Regierungsrath, Strom-Baudirector in Breslau.
- Cramer, Baurath, Wasser-Bauinspector in Brieg.
- Orban, desgl. desgl. in Cüstrin.
- Müller, desgl. desgl. in Crossen a/O.
- Kröhnke, Baurath, Wasser-Bauinspector und Stellvertreter des Strom-Baudirectors in Breslau.
- Roeder, R., Wasser-Bauinspector in Ratibor.
- Brinkmann, desgl. in Steinau a/O.
- Bretting, desgl. in Glogau.
- Hamel, desgl. (technischer Hülfsarbeiter) in Breslau.

16. Regierung in Breslau.

Hr. Herr, Geheimer Regierungsrath in Breslau.
- Beyer, Regierungs- und Baurath daselbst.
- Gandtner, Baurath, Kreis-Bauinspector in Schweidnitz.
- Baumgart, desgl. desgl. in Glatz.
- Stephany, desgl. desgl. in Reichenbach.
- Knorr, desgl. desgl. in Breslau.
- Woas, Kreis-Bauinspector in Brieg.
- Reuter, desgl. in Strehlen.
- Koppen, Karl, desgl. in Oels.
- Berndt, desgl. in Trebnitz.
- Lünzner, desgl. in Wohlau.
- Jonas, desgl. in Neumarkt.
- Weinbach, Bauinspector (techn. Hülfsarbeiter) in Breslau.

17. Regierung in Liegnitz.

Hr. von Zschock, Regierungs- und Baurath in Liegnitz.
- Knechtel, Baurath, Kreis-Bauinspector in Hoyerswerda.
- Borchers, Baurath, Kreis-Bauinspector in Sagan.
- Starke, desgl. in Görlitz.
- Schiller, Baurath, desgl. in Bunzlau.
- Weinert, desgl. desgl. in Grünberg.
- Jahn, desgl. in Liegnitz.
- Bruns, Bauinspector (tech. Hülfsarbeiter) in Liegnitz.
- Momm, Kreis-Bauinspector in Landeshut.
- Jungfer, desgl. in Hirschberg.

18. Regierung in Oppeln.

Hr. Pralle, Regierungs- und Baurath in Oppeln.
- Laessig, desgl. daselbst.
- Rösener, Baurath, Kreis-Bauinspector in Neifse.
- Bandow, desgl. desgl. in Oppeln.

Hr. Bachmann, Baurath, Kreis-Bauinspector in Oppeln.
- Stenzel, desgl. in Gleiwitz.
- Staudinger, Baurath, desgl. in Cosel.
- Hannig, desgl. desgl. in Beuthen O/S.
- Hammer, desgl. desgl. in Plefs.
- Schorn, desgl. in Ratibor.
- Holtzhausen, desgl. in Leobschütz.
- Roseck, desgl. in Carlsruh O/S.
- Becherer, desgl. in Rybnik.
- Moebius, desgl. in Gr. Strehlitz.
- von Lukomski, desgl. in Kreuzburg.
- Rhenius, desgl. in Neustadt O/S.
- Schalk, desgl. in Grottkau.
- Oehmcke, Land-Bauinspector in Oppeln } techn.
- Kaufmann, Bauinspector daselbst } Hülfsarbeiter.

19. Ober-Präsidium (Elbstrom-Bauverwaltung) in Magdeburg.

Hr. Muyschel, Geheimer Regierungsrath, Strom-Baudirector in Magdeburg.
- Katz, Baurath, Wasser-Bauinspector in Lüneburg.
- Maafs, desgl. desgl. in Magdeburg.
- Heyn, desgl. desgl. in Stendal.
- Grote, desgl. desgl. in Torgau.
- Bayer, desgl. Stellvertreter des Strom-Baudirectors in Magdeburg.
- Fischer, Wasser-Bauinspector in Wittenberge.
- Krebs, desgl. in Lauenburg a/E.
- Post, desgl. (technischer Hülfsarbeiter) in Magdeburg.

20. Regierung in Magdeburg.

Hr. Döltz, Regierungs- und Baurath in Magdeburg.
- Ulrich, desgl. daselbst.
- Schüler, Baurath, Kreis-Bauinspector in Halberstadt.
- Fritze, desgl. desgl. in Magdeburg.
- Kluge, desgl. desgl. in Genthin.
- Schlitte, desgl. desgl. in Quedlinburg.
- Reitsch, desgl. desgl. in Magdeburg.
- Gerlhoff, desgl. desgl. in Osterburg.
- Fiebelkorn, desgl. in Schönebeck.
- Meifsner, desgl. in Salzwedel.
- Schmidt, desgl. in Wolmirstedt.
- Varnhagen, desgl. in Halberstadt.
- Pitsch, desgl. in Wanzleben.
- Heller, desgl. in Neuhaldensleben.
- Haake, Bauinspector (techn. Hülfsarbeiter) in Magdeburg.

21. Regierung in Merseburg.

Hr. Steinbeck, Regierungs- und Baurath in Merseburg.
- Michaelis, desgl. daselbst.
- Pietsch, Baurath, Kreis-Bauinspector in Torgau.
- Werner, desgl. desgl. in Naumburg a/S.
- Kilburger, desgl. desgl. in Halle a/S.
- Boetel, desgl. desgl. in Merseburg.
- Heidelberg, Kreis-Bauinspector in Weifsenfels a/S.
- Boës, Wasser-Bauinspector in Naumburg a/S.
- Schröder, Baurath, Kreis-Bauinspector in Sangerhausen.
- Mathy, Wege-Bauinspector in Halle a/S.
- Thurmann, Kreis-Bauinspector in Wittenberg.
- Lucas, desgl. in Delitzsch.
- Brünecke, Wasser-Bauinspector in Halle a/S.
- Delius, Kreis-Bauinspector in Eisleben.
- Biedermann, Wege-Bauinspector in Merseburg.
- Heeren, desgl. in Torgau.
- Brinkmann, Land-Bauinspector in Merseburg. } techn.
- Gnuschke, Bauinspector daselbst. } Hülfsarbeiter.

22. Regierung in Erfurt.

Hr. Hesse, Regierungs- u. Baurath in Erfurt.
- Dittmar, Baurath, Kreis-Bauinspector in Erfurt.

Hr. Daemicke, Baurath, (techn. Hülfsarbeiter) in Erfurt.
- Heller, Kreis-Bauinspector in Nordhausen.
- N. N., desgl. in Mühlhausen.
- Beisner, desgl. in Heiligenstadt.
- Caspary, desgl. in Suhl.

23. Regierung in Schleswig.

Hr. Becker, Regierungs- und Baurath in Schleswig.
- Germer, desgl. daselbst.
- Fülscher, desgl. daselbst.
- Hesse, Baurath, Kreis-Bauinspector in Altona.
- Nönchen, Baurath, desgl. in Hadersleben.
- Edens, Baurath, Wasser-Bauinspector in Rendsburg.
- Weinrich, desgl. desgl. in Husum.
- Friese, desgl. Kreis-Bauinspector in Kiel.
- Kröhnke, desgl. desgl. in Glückstadt.
- Treede, desgl. desgl. in Husum.
- Greve, desgl. desgl. in Oldesloe.
- Heydorn, desgl. desgl. in Ploen.
- von Wickede, desgl. desgl. in Meldorf.
- Jensen, desgl. desgl. in Flensburg.
- Hotzen, desgl. in Schleswig.
- Frölich, Wasser-Bauinspector in Glückstadt.
- Münchhoff, Land-Bauinspector (techn. Hülfsarbeit.) in Schleswig.
- Reimers, Wasser-Bauinspector in Tönning.
- Boden, desgl. (techn. Hülfsarbeiter) in Schleswig.

24. Regierung in Hannover.

Hr. Sasse, Regierungs- und Baurath in Hannover.
- Buhse, desgl. daselbst.
- N. N., Kreis-Bauinspector daselbst.
- Heye, Baurath, Wasser-Bauinspector in Hoya.
- Meyer, desgl. desgl. in Hameln.
- Hoffmann, Baurath, Kreis-Bauinspector in Nienburg.
- Heins, desgl. desgl. in Diepholz.
- Rodde, Bauinspector (techn. Hülfsarbeiter) in Hannover.
- Bergmann, Kreis-Bauinspector daselbst.
- Tophof, desgl. in Hameln.
- Tesmer, desgl. in Nienburg.

25. Regierung in Hildesheim.

Hr. Rumpf, Regierungs- und Baurath in Hildesheim.
- Cuno, desgl. daselbst.
- Praël, Baurath, Kreis-Bauinspector in Hildesheim.
- Koppen, desgl. desgl. in Einbeck.
- Westphal, desgl. desgl. in Clausthal.
- Wichmann, desgl. desgl. in Hildesheim.
- Freye, desgl. in Goslar.
- Wolff, desgl. in Osterode a/H.
- Gamper, desgl. in Göttingen.
- Schade, Wasser-Bauinspector in Hildesheim.
- Heimann, comm. Bauinspector (techn. Hülfsarbeiter) in Hildesheim.

26. Regierung in Lüneburg.

Hr. Höbel, Regierungs- und Baurath in Lüneburg.
- Heithaus, desgl. daselbst.
- Brünneke, Baurath, Kreis-Bauinspector in Lüneburg.
- Fenkhausen, desgl. desgl. in Celle.
- Höbel, desgl. desgl. in Uelzen.
- Hartmann, desgl. desgl. in Walsrode.
- Röbbelen, Kreis-Bauinspector in Gifhorn.
- Junker, desgl. in Harburg.
- Schelten, Wasser-Bauinspector in Harburg.
- Lindemann, Kreis-Bauinspector in Hitzacker.

27. Regierung in Stade.

Hr. Pampel, Regierungs- und Baurath in Stade.
- Hasenjäger, Bauinspector, comm. Regierungs- und Baurath in Stade.
- Schramme, Baurath, Kreis-Bauinspector in Neuhaus a/Oste.

Hr. Schaaf, Baurath, Wasser-Bauinspector in Stade.
- Valett, Baurath, Kreis-Bauinspector in Buxtehude.
- Höbel, Wasser-Bauinspector in Geestemünde.
- Tolle, Baurath, Wasser-Bauinspector in Vegesack.
- Bertram, Baurath, Kreis-Bauinspector in Verden.
- Schwägermann, desgl. desgl. in Stade.
- Schulz, desgl. desgl. in Verden.
- Beuck, Bauinspector (techn. Hülfsarbeiter) in Stade.
- Hellwig, Kreis-Bauinspector in Geestemünde.

28. Regierung in Osnabrück.

Hr. Grahn, Regierungs- und Baurath in Osnabrück.
- Oppermann, Baurath, Wasser-Bauinspector in Meppen.
- Reifsner, Kreis-Bauinspector in Osnabrück.
- Meyer, Baurath, Wasser-Bauinspector in Lingen.
- Haspelmath, Baurath, Kreis-Bauinspector daselbst.
- Theune, Kreis-Bauinspector in Osnabrück.
- Ratjen, Bauinspector (techn. Hülfsarbeiter) in Osnabrück.

29. Regierung in Aurich.

Hr. Tolle, Regierungs- und Baurath in Aurich.
- Berghauer, desgl. daselbst.
- Clauditz, Baurath, Wasser-Bauinspector in Leer.
- Wertens, Kreis-Bauinspector in Leer.
- Dr. Taaks, Baurath, Wasser-Bauinspector in Wittmund.
- Panse, desgl. desgl. in Norden.
- Suadicani, desgl. in Emden.
- Koch, Kreis-Bauinspector in Norden.

30. Regierung in Münster.

Hr. Uhlmann, Regierungs- und Baurath in Münster.
- Quantz, Kreis-Bauinspector in Münster.
- von Hülst, desgl. in Recklinghausen.
- Herborn, desgl. in Rheine.
- Balzer, desgl. in Münster.
- Schmitz, Bauinspector (techn. Hülfsarbeiter) in Münster.
- Roeder, Franz, Wasser-Bauinspector in Hamm.

31. Regierung in Minden.

Hr. Eitner, Regierungs- und Baurath in Minden.
- Winterstein, Baurath, Kreis-Bauinspector in Höxter.
- Cramer, desgl. desgl. in Bielefeld.
- Harhausen, Kreis-Bauinspector in Herford.
- Biermann, desgl. in Paderborn.
- Boltz, Bauinpector (techn. Hülfsarbeiter) in Minden.

32. Regierung in Arnsberg.

Hr. Geifsler, Regierungs- und Baurath in Arnsberg.
- Haege, Baurath, Kreis-Bauinspector in Siegen.
- Haarmann, desgl. desgl. in Bochum.
- Westphal, desgl. desgl. in Soest.
- Genzmer, desgl. desgl. in Dortmund.
- Hammacher, Kreis-Bauinspector in Hagen.
- Carpe, desgl. in Brilon.
- Landgrebe, desgl. in Arnsberg.
- Annecke, Bauinspector (technischer Hülfsarbeiter) in Arnsberg.

33. Regierung in Cassel.

Hr. Zeidler, Regierungs- und Baurath in Cassel.
- von Schumann, desgl. daselbst.
- Neumann, desgl. daselbst.
- Blanckenhorn, Baurath, Kreis-Bauinspector in Cassel.
- Griesel, desgl. desgl. in Hersfeld.
- Kullmann, desgl. Wasser-Bauinspector in Rinteln.
- Hoffmann, desgl. Kreis-Bauinspector in Fulda.
- Spangenberg, desgl. desgl. in Steinau.
- Schattauer, Wasser-Bauinspector in Cassel.
- Koppen, Julius, Baurath, Kreis-Bauinspector in Schmalkalden.
- Arnold, desgl. desgl. in Hanau.
- Knipping, desgl. desgl. in Rinteln.
- Schuchard, desgl. desgl. in Cassel.
- Difsmann, desgl. in Melsungen.

Hr. Bornmüller, Kreis-Bauinspector in Gelnhausen.
- Henderichs, desgl. in Hofgeismar.
- Stoll, Bauinspector (techn. Hülfsarbeiter) in Cassel.
- Büchling, Kreis-Bauinspector in Eschwege.
- Rüppel, Bauinspector (techn. Hülfsarbeiter) in Cassel.
- Wentzel, Kreis-Bauinspector in Marburg.
- Leithold, desgl. in Fritzlar.
- Beckmann, desgl. in Fulda.
- Lütcke, desgl. in Kirchhain.
- Rosskothen, desgl. in Frankenberg.
- von den Bercken, comm. Kreis-Bauinspector in Homberg.

34. Regierung in Wiesbaden.

Hr. Cremer, Regierungs- und Baurath in Wiesbaden.
- Cuno, desgl. daselbst.
- Wagner, Baurath, Kreis-Bauinspector in Frankfurt a/M.
- Herrmann, desgl. desgl. in Geisenheim.
- Helbig, desgl. desgl. in Wiesbaden.
- Moritz, desgl. desgl. daselbst
- Eckhardt, desgl. Wasser-Bauinspector in Frankfurt a/M.
- Scheele, desgl. Kreis-Bauinspector in Dillenburg.
- Cramer, desgl. in Langen-Schwalbach.
- Spinn, desgl. in Weilburg.
- Holler, Baurath, desgl. in Homburg v/d. Höhe.
- Hilgers, Bauinspector (techn. Hülfsarbeiter) in Wiesbaden.
- Hehl, Kreis-Bauinspector in Diez.
- Lauth, desgl. in Biedenkopf.
- Holtgreve, desgl. in Montabaur.
- Engelmeier, comm. Bauinspector (techn. Hülfsarbeiter) in Wiesbaden.
- Wolffram, comm. Wasser-Bauinspector in Diez.

35. Ober-Präsidium (Rheinstrom-Bauverwaltung) in Coblenz.

Hr. Berring, Geh. Regierungsrath, Strom-Baudirector in Coblenz.
- Hartmann, Baurath, Wasser-Bauinspector in Düsseldorf.
- Stiewe, desgl. in Wesel.
- Demnitz, desgl. in Cöln a/Rh.
- von Dömming, desgl. (Stellvertreter des Strom-Baudirectors) in Coblenz.
- Kirch, Wasser-Bauinspector (techn. Hülfsarbeiter) in Coblenz.
- Rüsgen, desgl. daselbst.

36. Regierung in Coblenz.

Hr. Kirchhoff, Regierungs- und Baurath in Coblenz.
- Möller, Baurath, Kreis-Bauinspector in Creuznach.
- Tetens, Kreis-Bauinspector in Coblenz.
- Scheepers, Baurath, Kreis-Bauinspector in Wetzlar.
- Zweck, desgl. desgl. in Andernach.
- Höffgen, Wasser-Bauinspector in Cochem a. Mosel.
- Kifs, Bauinspector (techn. Hülfsarbeiter) in Coblenz.

37. Regierung in Düsseldorf.

Hr. Borggreve, Geheimer Regierungsrath in Düsseldorf.
- Lieber, Regierungs- und Baurath daselbst.
- Denninghoff, desgl. daselbst.
- Bormann, Baurath, Kreis-Bauinspector in Elberfeld.
- Niedieck, Kreis-Bauinspector in Essen.
- Haupt, Wasser-Bauinspector in Ruhrort.
- Mertens, Baurath, Kreis-Bauinspector in Wesel.
- Radhoff, desgl. desgl. in Geldern.
- Möller, desgl. in Düsseldorf.
- Ewerding, desgl. in Crefeld.
- von Perbandt, Bauinspector (techn. Hülfsarbeiter) in Düsseldorf.

38. Regierung in Cöln.

Hr. Gottgetreu, Geheimer Regierungsrath in Cöln.
- Eschweiler, Baurath, Kreis-Bauinspector in Siegburg.
- Freyse, desgl. in Cöln.
- Reinike, desgl. in Bonn.
- Kosbab, Bauinspector (techn. Hülfsarbeiter) in Cöln.

39. Regierung in Trier.

Hr. Seyffarth, Geheimer Regierungsrath in Trier.
- Heldberg, Regierungs- und Baurath daselbst.
- Schönbrod, Baurath, Wasser-Bauinspector in Saarbrücken.
- Brauweiler, Kreis-Bauinspector in Trier.
- Freudenberg, Baurath, desgl. in Berncastel.
- Krebs, desgl. in Trier.
- Treplin, Wasser-Bauinspector in Trier.
- Loebell, Kreis-Bauinspector in Saarbrücken.

40. Regierung in Aachen.

Hr. Kruse, Regierungs- und Baurath in Aachen.
- Dieckhoff, Baurath, Kreis-Bauinspector daselbst.
- Nachtigall, desgl. desgl. in Düren.
- Mergard, desgl. desgl. in Aachen.
- Friling, Kreis-Bauinspector in Montjoie.
- Spillner, Bauinspector (techn. Hülfsarbeiter) in Aachen.

41. Regierung in Sigmaringen.

Hr. Laur, Regierungs- und Baurath in Sigmaringen.

Verwaltung für Berg-, Hütten- und Salinenwesen.

Hr. Gebauer, Geheimer Bergrath in Berlin.
- Neufang, Baurath, Bau- und Maschineninspector im Ober-Bergamts-District Bonn, in Saarbrücken.
- Dr. Langsdorf, Baurath, Bauinspector im Ober-Bergamts-District Clausthal, in Clausthal.
- Dumreicher, Baurath, Bau- und Maschineninspector im Ober-Bergamts-District Bonn, in Saarbrücken.
- Buchmann, Baurath, Bauinspector im Ober-Bergamts-District Halle a/S., in Schönebeck bei Magdeburg.
- Braun, Bau- uud Maschineninspector im Bezirk der Bergwerks-Direction Saarbrücken.
- Gieseke, Bauinspector im Ober-Bergamts-District Dortmund, in Osnabrück.
- Haselow, Bauinspector im Ober-Bergamts-District Breslau, in Gleiwitz.

E. Bei dem Preufsischen Kriegsministerium in Berlin und im Ressort desselben.

a) Ministerial-Bau-Abtheilung.

Hr. Afsmann, Geheimer Baurath, Abtheilungs-Chef.
- Voigtel, desgl.
- Bernhardt, desgl.
- Wodrig, Intendantur- und Baurath.
- Bandke, desgl.

b) Intendantur- u. Bauräthe und Garnison-Baubeamte.

1. Bei dem Garde-Corps.

Hr. Schönhals, Intendantur- und Baurath, in Berlin.
- Verworn, Garnison-Bauinspector daselbst.

Hr. la Pierre, Garnison-Bauinspector in Berlin.
- Pieper, desgl. in Potsdam.
- Böhm, desgl. in Berlin.

2. Bei dem I. Armee-Corps.

Hr. Bruhn, Intend.- und Baurath, in Königsberg i/Pr.
- Kienitz, Garnison-Bauinspector in Graudenz.
- Zacharias, desgl. in Insterburg.
- Bähcker, desgl. in Königsberg i/Pr.
- Stegmüller, desgl. in Danzig.

3. Bei dem II. Armee-Corps.

Hr. Gödeking, Intendantur- und Baurath, in Stettin.
- Bobrik, Garnison-Bauinspector in Colberg.
- Gerasch, desgl. in Stralsund.
- Dublanski, desgl. in Thorn.
- Saigge, desgl. in Stettin.

4. Bei dem III. Armee-Corps.

Hr. Boethke, Intendantur- u. Baurath, in Berlin.
- Spitzner, Garnison-Bauinspector in Frankfurt a/O.
- Arendt, desgl. in Berlin.
- Busse, desgl. daselbst.
- Döbber, desgl. in Spandau.
- Gabe, (charakt.) desgl. daselbst.

5. Bei dem IV. Armee-Corps.

Hr. Heimerdinger, Intendantur- und Baurath in Magdeburg.
- Ullrich, Garnison-Bauinspector in Erfurt.
- v. Rosainski, desgl. in Wittenberg.
- Schneider I., desgl. in Halle a/S.
- v. Zychlinski, desgl. in Magdeburg.

6. Bei dem V. Armee-Corps.

Hr. Schüfsler, Intendantur- u. Baurath in Posen.
- Kalkhof, Garnison-Bauinspector in Glogau.
- Schneider II., desgl. in Posen.
- Herzog, desgl. in Liegnitz.

7. Bei dem VI. Armee-Corps.

Hr. Steuer, Intendantur- u. Baurath in Breslau.
- Brook, Garnison-Bauinspector in Cosel.
- Zaar, desgl. in Breslau.
- Ahrendts, desgl. in Neifse.

8. Bei dem VII. Armee-Corps.

Hr. Kühtze, Intendantur- u. Baurath in Münster.
- Veltman, Garnison-Bauinspector in Minden.
- Beyer, desgl. in Münster.
- Dietz, desgl. in Wesel.

9. Bei dem VIII. Armee-Corps.

Hr. Steinberg, Intendantur- u. Baurath in Coblenz.
- Goldmann, Garnison-Bauinspector daselbst.
- Hauck, desgl. in Cöln.
- Heckhoff, desgl. in Trier.

10. Bei dem IX. Armee-Corps.

Hr. von Sluyterman-Langeweyde, Intendantur- und Baurath in Altona.
- Kentenich, Garnison-Bauinspector in Altona.
- Bolte, desgl. in Flensburg.
- Drewitz, desgl. in Schwerin.
- Schmidt, desgl. in Altona.

11. Bei dem X. Armee-Corps.

Hr. Schuster, Intendantur- und Baurath in Hannover.
- Habbe, Garnison-Bauinspector daselbst.
- Linz, desgl. in Braunschweig.
- Werner, desgl. in Oldenburg.

12. Bei dem XI. Armee-Corps.

Hr. Sommer, Intendantur- und Baurath in Cassel.
- Gummel, Garnison-Bauinspector daselbst.
- Rettig, desgl. in Darmstadt.
- Reinmann, desgl. in Mainz.
- Meyer, desgl. in Frankfurt a/M.

13. Bei dem XIV. Armee-Corps.

Hr. Duisberg, Intendantur- u. Baurath in Karlsruhe.
- Gerstner, Garnison-Bauinspector daselbst.
- Jungeblodt, desgl. in Freiburg i/B.

14. Bei dem XV. Armee-Corps.

Hr. Appelius, Intendantur- u Baurath in Strafsburg i/E.
- Ecklin, Garnison-Bauinspector in Mülhausen i/E.
- Rühle v. Lilienstern, desgl. in Strafsburg i/E.
- Stolterfoth, desgl. in Metz.
- Köhne, desgl. in Saargemünd.

F. Bei dem Marineministerium und im Ressort desselben.

1. In der Admiralität.

Hr. Wagner, Geheimer Admiralitätsrath und vortragender Rath in Berlin.
- Vogeler, Wirkl. Admiralitäts- und vortrag. Rath in Berlin.

2. Bei den Werften und Hafenbau-Commissionen.

Hr. Rechtern, Marine-Hafenbau-Director in Wilhelmshaven.
- Franzius, desgl. in Kiel.
- Schirmacher, Marine-Hafenbau-Oberingenieur in Kiel.
- C. Müller, desgl. in Danzig.

3. Bei den Marine-Intendanturen.

Hr. Giefsel, Marine-Hafenbau-Oberingenieur in Kiel.
- Bugge, Marine-Garnisonbau-Oberingenieur in Wilhelmshaven.

II. Im Ressort anderer Ministerien und Behörden.

1. Beim Hofstaate Sr. Majestät des Kaisers u. Königs, beim Hofmarschallamte, beim Ministerium des Königlichen Hauses.

Hr. Persius, Ober-Hof-Baurath in Berlin.
- Hofsfeld, Hof-Bauinspector in Berlin.
- Bohne, desgl. in Potsdam.

Hr. Krüger, Hofkammer- und Baurath bei der Hofkammer der Königlichen Familiengüter, in Berlin.

Hr. Niermann, Hausfideicommifs-Baurath in Berlin.
- Haeberlin, Hof-Baurath in Potsdam.
- Knyrim, desgl. in Wilhelmshöhe bei Cassel.
- Geyer, Hof-Bauinspector in Berlin.

2. Beim Ministerium der geistlichen, Unterrichts- und Medicinal-Angelegenheiten und im Ressort desselben.

Hr. Spieker, Geheimer Ober-Regierungsrath in Berlin.
- N. N., Geheimer Regierungsrath, Conservator der Kunstdenkmäler, in Berlin.
- Voigtel, Geheimer Regierungsrath, Dombaumeister in Cöln.
- Dr. Meydenbauer, Regierungs- und Baurath beim Ministerium in Berlin.
- Leopold, Baurath bei der Kloster-Verwaltung in Hannover.
- Hofmann, Land-Bauinspector und akademischer Baumeister in Greifswald.
- Merzenich, Land-Bauinspector, Architekt für die Königl. Museen in Berlin.
- Blau, Bauinspector, Zeichnenlehrer a. d. Landesschule in Pforta.
- Küster, Land-Bauinspector im Ministerium in Berlin.
- Bürckner, desgl. daselbst.

3. Beim Ministerium für Landwirthschaft, Domänen und Forsten.

Hr. Cornelius, Geheimer Ober-Regierungsrath in Berlin.
- Kunisch, Geheimer Regierungsrath in Berlin.

Hr. Reimann, Land-Bauinspector in Berlin.
- Runde, Baurath in Kiel.
- Hefs, desgl. in Hannover.
- Schulemann, desgl. in Bromberg.
- Schönwald, desgl. in Cöslin.
- Grun, desgl. in Königsberg i/Pr.
- Schmidt, desgl. in Cassel.

(Meliorations-Bauinspectoren.)

- Gravenstein, Meliorations-Bauinspector in Düsseldorf.
- Köhler, desgl. in Potsdam.
- Wille, desgl. in Magdeburg.
- Fahl, desgl. in Danzig.
- von Münstermann, desgl. in Breslau.
- Nestor, desgl. in Trier.
- von Lancizolle, desgl. in Münster.

4. Den diplomatischen Vertretungen im Auslande sind attachirt:

Hr. Garbe, Professor und Baurath in London.
- Peschek, Wasser-Bauinspector in Paris.
- Hinckeldeyn, Land-Bauinspector in New-York.

III. Bei besonderen Bauausführungen.

Hr. Stüve, Baurath, leitet den Bau eines Polytechnicums in Berlin.
- Tiede, Baurath, leitet den Bau des naturhistorischen Museums in Berlin.
- Haeger, Baurath, beim Bau des Reichstagsgebäudes in Berlin.
- Schwartz, Baurath, leitet die Main-Canalisirungsbauten in Frankfurt a. Main.
- Dannenberg, Wasser-Bauinspector, leitet den Bau des Ems-Jade-Canals in Emden.
- Eggert, Land-Bauinspector, leitet den Bau des Kaiserpalastes in Strafsburg i. Els.
- Kortüm, Land-Bauinspector, leitet die Universitätsbauten in Göttingen.
- Weyer, Land-Bauinspector, leitet den Bau des Dicasterialgebäudes in Danzig.
- Fr. Wolff, Land-Bauinspector, leitet den Bau der Packhofs-Anlagen in Berlin.
- Kleinwächter, Land-Bauinspector, beim Bau des naturhistorischen Museums in Berlin.
- Waldhausen, Land-Bauinspector, leitet die Universitätsbauten in Breslau.
- Schellen, Land-Bauinspector, leitet den Neubau des Gerichtsgebäudes in Frankfurt a. M.
- Nitka, Land-Bauinspector, leitet den Erweiterungsbau des Kaiserl. statistischen Amtes in Berlin.

Hr. Kracht, Wasser-Bauinspector, bei den Rheinstrombauten in Mehlem a. Rh.
- Dr. von Ritgen, Land-Bauinspector, leitet den Neubau eines Lehrerinnen-Seminars in Saarburg.
- Teubert, Wasser-Bauinspector, leitet Wasserconsumtionsmessungen an der Elbe in Magdeburg.
- Beyer, Wasser-Bauinspector, bei Oderstrom-Regulirungsbauten in Cüstrin.
- Mütze, Wasser-Bauinspector, bei Rheinstrom-Regulirungsbauten in Coblenz.
- Keller, Wasser-Bauinspector, beim Bau der Packhofs-Anlagen in Berlin.
- Schröder, Land-Bauinspector, leitet den Restaurationsbau der Schlofskirche in Wittenberg.
- Thomas, Wasser-Bauinspector, leitet die Buhnenbauten auf der Insel Sylt.
- Dittrich, Wasser-Bauinspector, bei den Stromregulirungsbauten in Kaukehmen.
- Germelmann, Wasser-Bauinspector, leitet die Canalisirung der Stadt Emden.
- Kayser, Wasser-Bauinspector, bei Elbstrom-Regulirungsbauten in Magdeburg.
- Kuntze, Wasser-Bauinspector, bei den Hafenbauten in Swinemünde.

IV. Im Ressort der Reichs-Verwaltung.

A. Im Ressort des Reichs-Post-Amts.

Hr. Busse, Geheimer Regierungrath in Berlin.

B. Bei dem Reichs-Eisenbahn-Amt.

Hr. Streckert, Geheimer Ober-Regierungsrath in Berlin.

Hr. Gimbel, Geheimer Regierungsrath in Berlin.
- E. Emmerich, desgl. daselbst.

C. Bei dem Reichsamte für die Verwaltung der Reichs-Eisenbahnen.

Hr. Kind, Wirklicher Geheimer Ober-Regierungsrath in Berlin.

Hr. Zimmermann, Dr., Regierungsrath in Berlin.

Bei den Reichseisenbahnen in Elsafs-Lothringen und der Wilhelm-Luxemburg-Eisenbahn.

a) bei der Betriebs-Verwaltung der Reichs-Eisenbahnen.

Hr. Cronau, Ober-Regierungsrath, Abtheilungs-Dirigent.
- Funke, desgl. desgl.
- Schübler, Eisenbahn-Director, Mitglied der Kaiserl. General-Direction.
- Hering, desgl. desgl.
- Schieffer, Eisenbahn-Bau- u. Betriebsinspector, Hülfsarbeiter bei der Kaiserl. General-Direction; sämtl. in Strafsburg.
- Kecker, Baurath, Eisenbahn-Betriebs-Oberinspector, in Metz.
- Büttner, desgl. desgl. Vorsteher des betriebstechnischen Büreaus in Strafsburg.
- Ostermeyer, desgl. desgl. daselbst.
- Steltzer, desgl. desgl. in Colmar.
- Coermann, desgl. desgl. in Mülhausen.
- Schröder, Eisenbahn-Betriebs-Oberinspector, in Strafsburg.
- Kriesche, desgl. Vorsteher d. bautechnischen Büreaus daselbst.
- Koeltze, desgl. in Saargemünd.
- Schneidt, desgl. Vorsteher des Materialienbüreaus in Strafsburg.
- von Kietzell, Eisenbahn-Bau- u. Betriebsinspector in Hagenau.
- Pabst, desgl. in Strafsburg.

Hr. Schultz, Eisenbahn-Bau- u. Betriebsinspector in Schlettstadt.
- Wachenfeld, desgl. in Mülhausen.
- Ottmann, desgl. in Metz.
- Bennegger, desgl. in Colmar.
- Weltin, desgl. in Strafsburg.
- Dietrich, desgl. in Saarburg.
- Lachner, desgl. in Saargemünd.
- Strauch, desgl. in Mülhausen.
- Franken, desgl. in Metz.
- Rhode, desgl. daselbst.
- Bossert, desgl. in Saargemünd.
- Fetzer, desgl. daseldst.
- Laubenheimer, Dr., desgl. in Strafsburg.

b) bei der der Kaiserl. General-Direction der Eisenbahnen in Elsafs-Lothringen unterstellten Wilhelm-Luxemburg-Bahn.

Hr. de Bary, Baurath, Eisenbahn-Betriebs-Oberinspector,
- Salentiny, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector,
- Graff, desgl.
- Mersch, Ingenieur,

sämtlich in Luxemburg.

D. Bei der Reichs-Post- und Telegraphen-Verwaltung.

Hr. Elsafser, Geheimer Ober-Regierungsrath in Berlin.
- Kind, desgl. daselbst.
- Neumann, Post-Baurath in Erfurt.
- Arnold, desgl. in Karlsruhe i/Baden.
- Wolff, desgl. in Stettin.
- Cuno, desgl. in Frankfurt a/M.
- Nöring, desgl. in Königsberg i/Pr.
- Zopff, desgl. in Dresden.
- Schmedding, desgl. in Breslau.
- Skalweit, desgl. in Hannover.

Hr. Tuckermann, Post-Baurath in Berlin.
- Hindorf, desgl. in Cöln (Rhein).
- Hegemann, desgl. in Arnsberg.
- Kefsler, desgl. in Berlin.
- Hake, desgl. in Hamburg.
- Perdisch, desgl. in Schwerin i/M.
- Stüler, Post-Bauinspector in Berlin.
- Kux, desgl. in Posen.
- Neumann, desgl. in Berlin.
- Boettger, desgl. in Breslau.
- Techow, desgl. in Berlin.

Hr. Busse, Geheimer Regierungsrath, Director der Reichsdruckerei in Berlin.

Verzeichnifs der Mitglieder der Akademie des Bauwesens.

Präsident: Hr. Ober-Bau- und Ministerial-Director Schneider. | Stellvertreter: Hr. Ober-Baudirector Herrmann.

A. Abtheilung für den Hochbau.

1. Ordentliche Mitglieder.

1. Hr. Ober-Baudirector Herrmann, Stellvertreter des Präsidenten und des Abtheilungs-Dirigenten.
2. - Baurath und Professor Ende, Abtheilungs-Dirigent.
3. - Geheimer Ober-Baurath Adler.
4. - „ Ober-Regierungsrath Kind.
5. - „ „ „ Spieker.
6. - Ober-Hof-Baurath Persius.
7. - Geheimer Baurath Afsmann.
8. - Geheimer Regierungsrath und Professor Raschdorff.
9. - Professor Jacobsthal.
10. - Baurath Heyden.
11. - Professor Otzen.
12. - Stadt-Baurath Blankenstein.
13. - Baurath Schmieden.
14. - Professor Spielberg.

2. Aufserordentliche Mitglieder.

a. Hiesige.

15. Hr. Director und Professor von Werner.
16. - Professor A. Wolff.
17. Hr. Geheimer Ober-Regierungsrath Dr. Schöne.
18. - Professor Geselschap.
19. - Professor R. Begas.
20. - Director an der Kgl. Nationalgalerie Dr. Dohme.
21. - Geheimer Ober-Regierungsrath Cornelius.

b. Auswärtige.

22. Hr. Ober-Baurath und Professor Lang in Carlsruhe.
23. - Geheimer Regierungsrath Voigtel in Cöln.
24. - Geheimer Regierungsrath u. Professor Hase in Hannover.
25. - Baurath und Director Lüdecke in Breslau.
26. - Ober-Baudirector a. D. von Herrmann in München.
27. - Professor Giese in Dresden.
28. - Professor und Ober-Baurath Dr. von Leins in Stuttgart.
29. - Ober-Baurath, Hof-Baudirector von Egle in Stuttgart.
30. - Ober-Baurath u. Professor von Neureuther in München.

B. Abtheilung für das Ingenieur- und Maschinenwesen.

1. Ordentliche Mitglieder.

1. Hr. Ober-Bau- u. Ministerial-Director Schneider, Präsident.
2. - Ober-Baudirector Schönfelder, Abtheilungs-Dirigent.
3. - Geheimer Ober-Baurath Schwedler, Stellvertreter des Abtheilungs-Dirigenten.
4. - Geheimer Ober-Baurath Grüttefien.
5. - Wirkl. Geheimer Ober-Regierungsrath Kinel.
6. - Geheimer Ober-Regierungsrath Streckert.
7. - Professor Dr. Winkler.
8. - Geheimer Ober-Baurath Grund.
9. - „ „ „ Gercke.
10. - „ „ „ Baensch.
11. - „ „ „ A. Wiebe.
12. - „ „ „ L. Hagen.
13. - Geheimer Commerzienrath Schwartzkopff.
14. - Eisenbahn-Directions-Präsident Wex.
15. - Geheimer Baurath Stambke.

2. Auſserordentliche Mitglieder.

a. Hiesige.

16. Hr. Geheimer Regierungsrath u. Professor Dr. von Helmholtz.
17. Hr. Geheimer Regierungsrath Dr. Werner Siemens.
18. - Civilingenieur Veitmeyer.
19. - Geheimer Admiralitätsrath Wagner.

b. Auswärtige.

20. Hr. Ober-Baurath Dr. Scheffler in Braunschweig.
21. - Wasser-Baudirector Nehls in Hamburg.
22. - Ober-Baudirector Franzius in Bremen.
23. - Geheimer Regierungsrath Prof. Launhardt in Hannover.
24. - Professor Dr. von Bauernfeind } in München.
25. - „ O. Grove } in München.
26. - „ Bauschinger } in München.
27. - Geheimer Rath, Professor Dr. Zeuner } in Dresden.
28. - „ Finanzrath Köpcke } in Dresden.
29. - Wasser-Baudirector Schmidt } in Dresden.
30. - Ober-Baudirector Brockmann in Stuttgart.
31. - Eisenbahn-Director Wöhler in Straſsburg i/E.
32. - Ober-Baurath Dr. von Ehmann in Stuttgart.
33. - Bau-Director Honsell in Karlsruhe.